



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Indlejret teknologi i byggeriet

*Potentialer og bespareelsesmuligheder for offentlige bygherrer*

Storgaard, Kresten; Forman, Marianne; Rasmussen, Torben Valdbjørn

*Publication date:*  
2006

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Storgaard, K., Forman, M., & Rasmussen, T. V. (2006). *Indlejret teknologi i byggeriet: Potentialer og bespareelsesmuligheder for offentlige bygherrer*. Erhvervs- og Byggestyrelsen.

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# **Indlejret teknologi i byggeriet**

Potentialer og besparelsmuligheder for offentlige bygherrer

Udarbejdet for Erhvervs- og Byggestyrelsen af

Kresten Storgaard, Marianne Forman, Torben Valdbjørn Rasmussen

Statens Byggeforskningsinstitut - SBI

# Indholdsfortegnelse

Forord .....	4
Resume .....	5
Undersøgelsens hovedkonklusioner.....	6
1. Indledning .....	9
Undersøgelsens fokus .....	9
Afgrænsning.....	11
Indhold .....	11
2. Begreber og undersøgte teknologier .....	12
Indlejret teknologi.....	12
Ubiquitous computing .....	13
Ambient intelligence and ambient access.....	13
Context-Awareness.....	13
Pervasive technology .....	14
Teknologier .....	14
RFID .....	14
Sensorer/MEMS .....	15
CTS, Central Tilstandskontrol og Styring .....	16
3. Forsknings- og udviklingsaktiviteter inden for området .....	19
Forskningsfonde og initiativtagere .....	20
Statslige forskningsfonde .....	20
Andre forskningsinitiativtagere .....	22
Netværker .....	22
Teknologisk fremsyn .....	22
Sensornetværk .....	23
AIM Danmark .....	24
Netværker omkring Alexandre Instituttet.....	24
EU projekter .....	25
Roadmapping .....	25
ECTP .....	26
Tværnational RFID undersøgelse .....	26
Andre projekter.....	27
4. Indlejret teknologi i byggeriet.....	28
Produktion af byggematerialer .....	28
Styring af produktion .....	28
Serviceydelser .....	29
Instruktioner og vejledninger .....	29
Garanti.....	30
Distribution .....	30
Svindel og kontrol.....	31
Tilstandsvurdering .....	31
Byggeplads .....	32
Distribution.....	32
Instruktion .....	32
Spildreduktion.....	32
Ægthed .....	32
Tilstandsvurdering .....	33
Brug – byggeri.....	33
CTS anlæg .....	33
Tilstandsvurdering .....	34
Styring af adgangskrav m.m.....	35

Komfort.....	35
Nye samarbejdsmuligheder med ny teknologi .....	35
Opsamling .....	36
Besparelspotentialer .....	37
Produktion af byggematerialer .....	37
Distribution .....	37
Byggeplads.....	38
Brug.....	38
Opsamling .....	40
5. Offentlige bygherrer og indlejret teknologi .....	41
Produktion af bygningsmaterialer og distribution .....	41
Byggeprocessen .....	42
Drift og brug.....	42
6. Barrierer og muligheder.....	45
Barrierer og muligheder i opførelsen af byggeriet .....	45
Teknologi.....	46
Teknologiskift på virksomhedsniveau .....	48
Samarbejde og innovation i værdikæden .....	48
Offentlige bygherrer som forandringsagenter.....	49
Det ufærdige produkt kontra det færdige produkt.....	50
Totaløkonomi? .....	50
Forskning .....	51
Forskning, byggeri og udvikling .....	52
Bilag.....	56
Bilag 1. Litteratur .....	57
Bilag2. Interviewpersoner .....	60
Bilag3. Forskningsmiljøer .....	61
Bilag4. Det statslige bevillingssystem .....	64

# Forord

Denne rapport er udarbejdet af SBI for Erhvervs- og Byggestyrelsen. Baggrunden for rapporten er bl.a. byggeriets vision "*Vision 2020 - Byggeri med mening*", som bl.a. fokuserer på intelligente byggeprocesser og bygninger gennem indlejret teknologi. Rapporten tager afsæt i to konkrete udfordringer fra vision 2020:

- 1 *Byggeriets virksomheder og forskningsinstitutioner bør etablere strategiske samarbejder til udvikling og indførelse af IKT i byggeriet.*
- 2 *Større bygherrer bør stille krav om anvendelse af indlejret IKT i byggematerialer og bygningsdele. Intelligente byggematerialer kan styrke byggeprocessen, bidrage til at opfylde brugernes behov samt styre bygnings driftsøkonomi<sup>1</sup>.*

Denne rapport præsenterer de væsentligste begreber i forhold til indlejret teknologi, en afklaring af det fremtidige og nuværende marked for indlejret teknologi i byggeriet, en oversigt over forskningsaktiviteter inden for området og en afklaring af behov for at stimulere udviklingen i forhold til offentligt byggeri og indlejret teknologi.

Rapporten bygger på litteraturstudier og interview med nøglepersoner, der alle takkes for deres bidrag.

Rapporten er udarbejdet af seniorforskerne Marianne Forman, Torben Valbjørn Rasmussen og Kresten Storgaard (projektleder).

# Resume

I rapporten sættes fokus på anvendelsesmulighederne af tre teknologier, der er centrale, når man taler om indlejret teknologi, nemlig

- Radio Frequency Identification (RFID), som består af en "tag" og en aflæser,
- Sensorer/Mikro-mekaniske Systemer (MEMs)
- Centrale Tilstands- og Styringsanlæg (CTS) i byggeriet.

**RFID** bruges som "tagging" system – i stedet for "streg-koder". Hvert vareelement har indbygget et RFID tag, der kan aflæses via radiobølger. Når taggen aflæses, kan den afgive bestemte informationer, som den på forhånd er designet til at kunne opsamle og videregive. Et RFID system består grundlæggende af en RFID tag, der kan programmeres elektronisk med informationer og aflæses via radiobølger, en antenne, der kan aktivere taggen og en elektronisk aflæser, der kan læse taggen. Der er to typer af tags: aktive og passive. I passive tags udgør antenne samtidig en spole, der når den udsættes for en magnetisk aflæsning, inducerer strøm, der kan afsende de ønskede informationer. I aktive tags er der indbygget en strømforsyningskilde. Passive tags kan typisk aflæses indenfor en meters afstand, og kan næppe aflæses i afstande længere end 2 meter. Informationsmængden skal typisk være mindre end 8k bit. (Bassi, Parandi, 2002). Aktive tags kan i princippet aflæses fra større afstande – og kan oplagre og afsende meget store datamængder – i princippet ubegrænset – men i praksis begrænset af den enkelte tags og strømforsyningens størrelse. Tags er inddelt i forskellige klasser, efter hvad de kan, med stigende funktionalitet

**MEMS** sensorer kombineret med RFID teknologien betyder, at tilstande kan måles og kommunikeres til styreenheder, der kan kontrollere varme, ventilation, fugtighed etc. Den teknologiske udvikling går hurtigt på området og den understøtter væksten i anvendelsen af indlejret og pervasive teknologi. Der skelnes mellem passive og aktive sensorer. På en passiv sensor aflæses ændringer i påvirkning direkte. En aktiv sensor kan selv udsende signal, der giver respons, som så opsamles, logges eller behandles. En sensor skal ses som et led i et netværk. Sensoren opfanger ændringer i et legeme eller en genstands tilstand. For en aktiv sensor kan informationer herom kommunikeres videre, ofte via en processor, til en aktuator, der skaber et modsvar til den følte/målte tilstand. Dette kan ske automatisk, integreret i den pågældende enhed, eller det kan ske fx via radiosignaler til eksterne aktuatorer. Sensorteknologi er tæt integreret i styrings- og automatiseringsteknologi.

**CTS** er et anlæg som styrer og regulerer en bygnings samlede bygningstekniske anlæg. Det varetager opgaver som f.eks.:

- at regulere varme-, ventilations- og køleanlæg;
- at styre belysnings-, adgangsforhold/kontrol- og energibesparelsesanlæg;
- at alarmere ved tekniske fejl, komfortafvigelser, energioverforbrug samt servicebehov;
- at registrere forbrug af varme, vand og el;
- at rapportere teknikdata og økonomidata;
- at levere oplysninger/data/registreringer til grønt regnskab m.m.

Alle disse funktioner er koblet til en central betjeningsenhed, oftest en PC, hvis primære opgave er at regulere, opsamle og forvalte data.

## Undersøgelsens hovedkonklusioner

Undersøgelsen har konstateret, at udviklingen indenfor indlejret teknologi er i voldsom vækst. Udviklingen indenfor RFIDs, MEMs og CTS, m.v. betyder at teknologien kommer ind over alt og bliver indbygget i bygninger og bygningsinventar.

Undersøgelsen har afdækket, at byggeriets leverancekæde fra byggeproducenter, over distributører og udførende, til bygherrer, driftherrer og slutbrugere, alle kan få fordele af indlejret teknologi, men at det er ganske forskellige krav – eller behov – som den nye teknologi skal opfylde for hver af disse grupper.

I fremstillingen af selve byggematerialerne kan der være fordele for producenten, fordi mass customization – altså automatiseret skræddersyet produktion – kan effektiviseres gennem anvendelse af tags, der indeholder de relevante styringsinformationer til brug i selve produktionsforløbet.

På distributionssiden kan logistikken effektiviseres, hvad enten der sker en direkte kobling mellem byggeplads og byggematerialeproducent eller via mellemhandlere. Transport eller opbevaringsskadede elementer kan identificeres og byggeskader undgås. De enkelte byggematerialer kan følges tæt og svind reduceres. Besparelser foreligger ikke for byggebranchen, men fra andre brancher refereres til besparelser på 10 til 30 procent på logistikområdet.

I forhold til selve byggeprocessen er der muligheder for at bringe byggevejledning og instruktion direkte til de udførende, og byggeelementer kan selv fortælle, hvor og hvordan de skal placeres under opførelsen.

I forhold til disse dele af leverancekæden er det vores vurdering, at udviklingspotentialer er stort – og besparelser kan være betydelige – både direkte i forhold til produktion af byggematerialer, i forhold til logistik, i forhold til arbejdsprocessen på byggepladsen og i forhold til arbejdsulykker, materialskader og byggefejl.

I forhold til drift ligger udviklingen i forlængelse af den hidtidige udvikling indenfor CTS anlæg. Der bliver blot tale om endnu mere integrerede systemer, hvor muligheden for at styre f.eks. luftudskiftning og energiforbrug mere effektivt forbedres. I vores materiale indgår ikke udsagn om eksakte økonomiske besparelser, men man ser denne teknologiske udvikling som et væsentligt led i realiseringen af ønsket om en besparelse (25 procent) på energisiden. Ved stigende energipriser vil anvendelse af ny teknologi sikre en betydelig direkte økonomisk besparelse.

I forhold til vedligehold og reparation er perspektivet, at byggematerialer langt mere præcist kan kontrolleres med hensyn til slid og ælde, hvilket giver mulighed for en mere hensigtsmæssig vedligeholdelse og udskiftning. Besparelspotentialer knytter sig dels til selve eftersynsaktiviteten, dels til en mere skræddersyet vedligeholdelse, hvor besparelser kan opnås ved et effektivt "just in time" vedligehold. Hertil kommer, at ulykker relateret til nedbrydning eller progressiv kollaps i materialer og konstruktioner kan reducere

res, ligesom varsling om råd og svamp kan indebære betydelige besparelser.

I forhold til den daglige brug og komfort i bygninger er perspektiverne, at mange af de applikationer, der benyttes/udvikles i forhold til denne teknologi, netop retter sig mod dette område, hvad enten det er boligen, arbejdspladsen, sundheds- eller kulturinstitutionen. I alle tilfælde vil der være tale om, at bygningerne effektiviseres i forhold til at levere de ydelser, brugeren efterspørger, hvad enten det er underholdning og fritid i hjemmet eller effektivisering af arbejdsprocesser og formidling. På komfort siden kan f.eks. reduktion i skimmelsvampe reducere sygelighed. Her er der tale om øget komfort for den enkelte beboer, reduktion i sundhedsudgifter på kommunalt, amtsligt og samfundsmæssigt niveau. For bygherren betyder dette en øget brugsværdi/kvalitet af de pågældende bygningsværker. Er der tale om store angreb af f.eks. skimmelsvampe er der som nævnt også betydelige besparelser i forhold til varsling inden ombygning er påkrævet. Er der tale om offentlige bygherrer af offentlige arbejdspladser, kan der være sammenfald i interesser om at bygningerne faciliterer en øget produktivitet i arbejdet.

Generelt gælder, at indlejret teknologi kan betyde potentielle besparelsesmuligheder for offentlige bygherrer, særlig hvis de også har drift og reparation/vedligeholdsfunktionen. Der kan være tale om en værditilvækst i form af, at bygningsværket kan opnå større funktionsværdi. Besparelser i leverancekæden slår imidlertid ikke automatisk ud i en reduktion af byggeprisen, men kan tilfalde leverancekædens øvrige aktører, dvs. materialeproducenter, distributører og handlende, samt de udførende. Det kan være en udfordring for bygherrer, at få del i sådanne potentielle besparelser i form af en reduktion i byggepris eller i en øgning af byggeriets kvaliteter.

I byggesektoren kan særlig to grupper af aktører siges at have en nøglefunktion:

Producenter af byggematerialer har en nøgleposition, fordi det er dem, der skal indbygge den indlejrede teknologi i deres produkter.

Bygherrer (og drifteherrer) har en nøglefunktion, fordi de i kraft af deres stilling som købere (lejere) af det færdige byggeprodukt, kan stille krav om at nogle ønskede funktioner sikres gennem anvendelse af indbygget indlejret teknologi.

De øvrige aktører i distributionsled og i udførelsesprocessen kan ligeledes stille krav/ønsker til materialeproducenterne om, at der indbygges teknologi, der kan styrke deres funktions- og forretningsområde.

Men undersøgelsen viser, at hvis offentlige bygherrer på nuværende tidspunkt skal have en rolle som forandringsagenter, skal de acceptere usikkerheder omkring de teknologiske produkter både mht. udviklingen af standarder og mht. de funktionelle egenskaber. Det er undersøgelsens vurdering, at de offentlige bygherrer på nuværende tidspunkt ikke er parat til at acceptere en sådan usikkerhed.

Danske forskningsmiljøer indenfor de felter, som indlejret teknologi og byggeri udspænder, har potentiale til at have en international betydende position. Der kan konstateres en veludviklet grundforskning på det teknologiske område. Men der mangler en forskning, der knytter byggeriets brugerbehov sammen med teknologien. En sådan anvendt forskning har to sider. Dels en der retter sig mod grundteknologierne, dels en der retter sig mod brugerne.

Kan der etableres et samspil mellem byggeriets aktører, forskere og teknologiudviklere, er der et potentiale for innovation – både i forhold til de teknologiske produkter – og i forhold til byggeriet.



Men undersøgelsen har afsløret, at udvikling og implementering af indlejret teknologi kræver en sammenhængende indsats i hele kæden, hvis teknologiens muligheder og løsninger skal udnyttes optimalt i byggeriet. Teknologiernes virkefelt overskrider de enkelte virksomheders grænser og går på tværs af alle enkeltaktørerne i kæden, men kravene fra de enkelte led i leverancekæden til den indlejrede teknologi er forskellig. Teknologien skal derfor kunne levere forskellige typer af løsninger. Man kan også sige, at grundteknologien er den samme, men den konkrete kodning er forskellig i forhold til de forskellige led i leverancekæden. Et samspil i den innovative proces er central for at kunne udnytte potentialet fuldt ud til at skabe nye rammebetingelser for byggeriet i alle dets faser. En innovativ proces med udgangspunkt i kæden kan sikre, at den rette infrastruktur etableres, således at byggeriet i alle dets faser og brugssituationer kan udnytte de nye muligheder optimalt.

Dansk byggeri kan have en dobbelt rolle. Dels som væsentlig aftager af de produkter som teknologiproducenter og udviklere bringer på markedet. Dels som medspiller i en udvikling af indlejret teknologi. Dansk byggeri er avancerede brugere i den forstand, at der stilles store krav til kvalitet af det færdige byggeri - både i forhold til boligbyggeri og i forhold til erhvervsbyggeri. De høje priser på bygningsmarkedet afspejler også, at det er en del af en dansk livsform, at hjemmeliv og bolig spiller en væsentlig og værdsat rolle, ligesom virksomheder anser investeringer i fastejendom, som et væsentligt aktiv i fremstillingen af deres produkter. Hertil kommer, at selve fremstillingskæden i byggesektoren er under konkurrence for at udvikle effektive metoder, der kan øge produktiviteten i sektoren. Udviklingen af effektive IKT værktøjer kan være væsentlige led i denne udvikling.

Denne undersøgelse peger på, at der er behov for at etablere et samarbejde mellem forskning, teknologiudviklere og producenter og byggeriets aktører, hvor byggematerialeindustri og bygherrer kan være nøgleaktører. Dette kan ske gennem konferencer, workshops og seminarer, der samler disse forskellige aktører. Og det kan ske gennem målrettet netværksarbejde. Der peges også på, at det forventede forsknings- og udviklingsarbejde, der kommer til at ske i det 7. rammeprogram for forskning i EU, kan være en væsentlig mulighed for at få danske byggeaktører, teknologiudviklere og producenter og forskere til at indgå i et innovativt samarbejde. Men det er også undersøgelsens budskab, at igangsættelse af konkrete demonstrations- og udviklingsprojekter kan være af særlig betydning. Herigennem kan præcision af de konkrete krav, som de forskellige typer af byggeriets aktører kan stille til teknologien, og udvikling af de konkrete teknologiske løsninger, ske i et kontinuerligt og iterativt møde. Det er undersøgelsens pointe, at denne konkretiseringsproces måske kunne etableres digitalt igennem 3D modeller, hvor brugernes behov og teknologiske løsninger kunne demonstreres og udvikles.

Alt i alt er det denne undersøgelses konklusion, at der er god berettiget grund til at forvente at udviklingen indenfor indlejret teknologi får stor indflydelse på byggeriet, og at der på nogle områder er væsentlige besparelser at hente.

Der er gode grunde til at opfordre byggeriets virksomheder og forskningsinstitutioner til at etablere strategiske partnerskaber med producenter og forskningsinstitutioner indenfor det teknologiske felt.

Større bygherrer kan øve stor indflydelse på udviklingen af indlejret teknologi ved at stille krav om anvendelse i byggeriet – men næppe på nuværende tidspunkt. Gennem et strategisk udviklingsarbejde i et byggeteknologisk kompleks kan man imidlertid hurtigt nå en situation, hvor det bliver realistisk at stille krav om indlejret teknologi, f.eks. i offentligt byggeri.

# 1. Indledning

## Undersøgelsens fokus

Undersøgelsen er en kvalitativ undersøgelse af indlejret teknologi i byggeriet. Undersøgelsen har bestået af fem faser:

- 1 Afklaring af begreber relateret til indlejret teknologi;
- 2 Kortlægning af status for forskning relateret til indlejret teknologi i byggeriet
- 3 Undersøgelse af anvendelsesmuligheder og besparelspotentialer for indlejret teknologi i byggeriet;
- 4 Undersøgelse af offentlige bygherres interesse i og mulighed at fremme indlejret teknologi i byggeriet;
- 5 Analyse af barrierer og muligheder for udvikling af indlejret teknologi;

Undersøgelsen er gennemført som en interviewundersøgelse med relevante personer, litteraturlæsning samt baseret på internetsøgning.

I alt er 23 nøglepersoner er blevet kontaktet og interviewet (se bilag).

Fire af interviewene er gennemført som personlige interview, de øvrige som telefoninterview. Også andre personer er blevet kontaktet og har bidraget med enkeltstående oplysninger.

I det følgende uddybes faserne.

### Fase 1 - Begrebsafklaring

Som indgang til området indledtes undersøgelsen med at lave en begrebsafklaring i forhold til de overordnede centrale begreber for undersøgelsen, som er indlejret teknologi (embedded technology), gennemtrængende (pervasive) teknologi og allestedsværende (ubiquitous) teknologi og beslægtede begreber. Begrebsafklaringen er primært foregået ved søgning på Internet.

### Fase 2 - Forskning i indlejret teknologi og byggeri

Forskning er blevet identificeret gennem litteraturstudier og gennem interview med nøglepersoner i forskningsmiljøer og forskningsfonde. Der er lagt vægt på at indkredse de danske forskningsmiljøer, men specielt EU forskning er også beskrevet.

### Fase 3 – Anvendelsesmuligheder og besparelspotentialer

Som led i at skabe et overblik over praksis og muligheder for anvendelse af indlejret teknologi i byggeriet er der blevet gennemført interviews med forskellige nøglepersoner indenfor byggeriet. Formålet med interviewrunden har været at skabe et overblik over byggeriets nuværende og fremtidige anvendelse af indlejret teknologi under byggeprocessen, i forbindelse med drift og vedligehold samt i brug.

Metoden til at finde frem til relevante interviewpersoner har været at spørge hver enkel interviewperson, om de kendte andre personer, der havde erfaringer med området og ville være relevante at interviewe i forbindelse med en screening (snældemetoden). På denne måde har vi bevæget os rundt

mellem spirende erfaringer med - og ideer til teknologiernes anvendelsesmuligheder og besparelspotentialer. Udgangspunktet for vores interviewrunde var, at vi gerne ville i kontakt med dels aktører inden for byggesektoren dels aktører inden for de nyere teknologier for at identificere mødestedet mellem byggebranchen og "teknologiudviklerne".

På baggrund af interviewrunden har vi fået oplysninger om indlejret teknologi, identificeret en række områder, hvor indlejret teknologi anvendes eller kan anvendes og mulige besparelspotentialer.

Teknologierne, der er fokuseret på i undersøgelsen, er:

- Radio Frequency Identification (RFID), som består af en "tag" og en aflæser,
- Sensorer/Mikro-mekaniske Systemer (MEMs)
- Centrale Tilstands- og Styringsanlæg (CTS) i byggeriet.

Områderne for anvendelse er:

- Produktion af byggematerialer
- Distribution
- Byggeproces (design, opførelse, logistik, mv.),
- Brug, herunder drift (varme, ventilation mv.), vedligehold (reparation, udskiftning og fornyelse af elementer, mv.) og daglige brug, som brugerne af bygningerne gennemfører.

Besparelspotentialerne ved anvendelse af teknologierne er identificeret inden for de forskellige områder og er af sagens natur oftest forventninger til besparelspotentialer, da der ikke er mange erfaringer med anvendelse af teknologierne endnu.

Det viste sig hurtigt at RFID, sensorer/MEMS og CTS optrådte alene eller tæt vævet sammen i de forskellige anvendelsesmuligheder, samt at anvendelsen af teknologierne var tæt vævet sammen på tværs af aktørerne. Fremstillingen i undersøgelsen er derfor et bud på et muligt scenarium for "dagen i morgen" hvor indlejret teknologi er en integreret rammebetingelse for byggeriet på tværs af produktionskæder og netværk.

#### Fase 4 - Offentlige bygherrer og indlejret teknologi

Det blev antaget, at offentlige bygherrer kunne være en forandringsagent i forhold til øget anvendelse af indlejret teknologi i byggeriet. De anvendelsesmuligheder og besparelspotentialer, undersøgelsen har identificeret i fase 2, er blevet præsenteret for i alt 5 nøglepersoner fra statslige, kommunale og almene bygherrer. Efterfølgende er de blevet interviewet med henblik på at få deres reaktioner og vurderinger på de konkrete scenarier og besparelspotentialer.

#### Fase 5 – Barrierer og muligheder for udvikling af indlejret teknologi

På grundlag af fase 1 til fase 4 er barrierer og muligheder for udvikling af indlejret teknologi i byggeriet blevet analyseret med henblik på at identificere behov for statslige initiativer m.m.

## Afgrænsning

Der er grænseflader mellem Det Digitale Byggeri<sup>2</sup> og indlejret teknologi, men i denne undersøgelse har vi valgt at afgrænse os fra Det Digitale Byggeri, da det er i fokus i andre projekter. Det Digitale Byggeri har hidtil haft fokus på processen før udførelsen (byggeprocessen), dvs. udbud, projektering og design. I denne undersøgelse fokuserer vi på indlejret teknologi og betydningen for selve byggeprocessen inklusiv fremstilling og fremskaffelse af byggematerialer, samt drift, vedligehold og brug af det færdige bygningsværk.

## Indhold

Rapporten er bygget op omkring faserne i undersøgelsen. Først introduceres indlejret teknologi, pervasive technology og beslægtede begreber. Dernæst beskrives de tre teknologier RFID, sensorer og CTS som eksempler på indlejret teknologi og pervasive technology i byggeriet. Forskningen indenfor området beskrives gennem en scanning af initiativer og miljøer i Danmark og i udlandet – især i EU regi. Derefter sættes fokus på teknologiernes anvendelse i byggeriet og på de besparelspotentialer, der kan ligge i en anvendelse. I det efterfølgende afsnit sættes fokus på de offentlige bygherrer og deres vurderinger af de beskrevne anvendelsesmuligheder og de besparelspotentialer. Der sluttet af med en beskrivelse af de barrierer og muligheder, der synes at tegne sig i forhold til indlejret teknologi og byggeri, både i forhold til forskningen og i forhold til byggeriet. Hvor befinder forskningen sig – og hvor er byggeriet. Kan der ske et samarbejde på tværs mellem de to sektorer. Hvilke initiativer kan fremme et innovativt samarbejde mellem forskning og byggeri?

---

<sup>2</sup> Det Digitale Byggeri er et forandringsprojekt, der aktivt fremmer digitaliseringen af informationsstrømme i byggeriet. Det Digitale Byggeri vil frem til 2007 udvikle grundlaget for en fuldstændig digitalisering af alle de data, dokumenter og tegninger, der produceres og udveksles fra byggeprogram til drift. Projektet støttes af Erhvervs- og Boligstyrelsen og Realdania. ([www.detdigitalebyggeri.dk](http://www.detdigitalebyggeri.dk))

## 2. Begreber og undersøgte teknologier

Udviklingen indenfor Informations- og Kommunikationsteknologi har stor betydning for byggeriet – både i forhold til brugerne af bygningen, i forhold til drift og vedligehold og i forhold til hele design- og opførelsesprocessen.

Det har været en glidende udvikling, hvor f.eks. regulering af varme og ventilation har undergået en udvikling fra mekanisk regulering til automatisk regulering baseret på sensorer. Allerede i 1990'erne blev der lavet forsøg med Smart House og Det Intelligente Hus. Her kunne de enkelte installationer agere intelligent i forhold til brug.

Den fortsatte udvikling i microchips og trådløs kommunikation har betydet en miniaturisering af udstyr, og at flere af de intelligente systemer kan kobles sammen, således at teknologien kan være til stede overalt – uden at brugeren i og for sig behøver være opmærksom på at styre de forskellige systemer direkte.

Det er denne udvikling, der beskrives gennem begreber som indlejret teknologi, pervasive teknologi, ambient teknologi og ubiquitous teknologi. Alle beskriver dele af den samme teknologiske udvikling, men med fokus på forskellige steder i forholdet mellem bruger og teknologi.

### Indlejret teknologi

Indlejret teknologi – eller, som det hedder på engelsk, embedded technology, betyder at IKT er indbygget i omgivelserne, det være sig byggelementer, møbler, redskaber, tøj etc. Det er altså software eller hardware, som er gemt eller indbygget i en større enhed eller i et system. Et indlejret system er ethvert elektronisk system med en CPU som ikke er en stationær personlig computer (Den frie encyklopædi). Et indlejret system er en integreret del af et større system eller et delsystem, der udfører eller kontrollerer en funktion enten i hele systemet eller i delsystemet (<http://ia.gordon.army.mil/iaso/lesson01.htm>).

Indlejrede systemer er ofte designet til at kunne masseproduceres. Oftest er den indlejrede teknologi præcist skræddersyet til at udføre en eller ganske få specifikke pre-definerede opgaver – modsat f.eks. en PC'er, der kan udføre mange forskellige funktioner.

Teknologien er ikke ny – og to hentes typisk frem, når man skal give eksempler på indlejret teknologi. I nyere biler har man længe anvendt indlejret teknologi på motor- og udstyrsdele, der kan fortælle mekanikeren om misfunktion eller om behov for udskiftning. Ligeledes kan en kaffemaskine være udstyret med indlejret teknologi i form af en microchip. Microchippen kan programmeres til at styre til hvilket tidspunkt kaffen skal brygges.

Fra at være lokale enheder er indlejret teknologi i dag i en udviklingsfase, hvor det må forventes, at udviklingen fremover vil inkludere netværksbaserede systemer som via moderne kommunikationssystemer kan videregive, reflektere og udløse en handling ud fra flere informationskilder.

I takt med at prisen på microchips falder og teknologien bliver mere avanceret, stabil og trådløs vil indlejret teknologi i højere grad end nu blive brugt i produkter, som er relateret til dagligdagen fra nyhedsinformation, sundhed og trafikregulering til tilstandsvurdering af produkter udsat for slid og ælde. Perspektiverne i byggeriet synes åbenbare.

Indlejret teknologi kan være tilknyttet en aktiv dataprocessor både via kabel og via en trådløs forbindelse. Særlig udviklingen af trådløs kommunikation har øget potentialet for at udnytte teknologien yderligere. Potentialet for anvendelse af indlejret teknologi er steget betragteligt med udviklingen af mobiltelefoner og PDA'er (Personal Data Assistance), som via Internettet i dag kan forbindes og udveksle informationer. Udviklingen af RFID (Radio Frequency Identification, se senere) i "tags" (mærker) og pervasive sensorer gør det muligt at anvende indlejret teknologi endnu flere steder, og flytte datakraften fra den indlejrede teknologi, til en ekstern placeret dataprocessor.

## Ubiquitous computing

Ubiquitous betyder allestedsnærværende. Ubiquitous computing har rødder i Xeroxs PARC-forskningsafdeling, der også har skabt teknologier som laserprinter og Ethernet.

Den grundlæggende idé i ubiquitous computing er, at IT i omgivelserne skal glide i baggrunden for den enkelte bruger og på naturlig vis understøtte dennes aktiviteter.

## Ambient intelligence and ambient access

Ambient betyder omgivende – på alle sider. Og Ambient intelligence betyder at teknologien (IKT) er tilstede på alle sider – omgivende. Ambient access betyder, at der er adgang til teknologien overalt. Dette opnås især via trådløs kommunikation.

Som det eneste af disse begreber med rødder i Europa, oprindeligt i Philips, er ambient intelligence, det begreb der bl.a. anvendes af EU. Ambient intelligence tager udgangspunkt i ubiquitous computing og fokuserer yderligere på naturlig interaktion (fx gennem tale eller bevægelser) understøttet af teknologi, der muliggør "intelligens", her i form af social interaktion så som genkendelse af de personer, der bor i et hjem. Alt i alt giver det digitale omgivelser, der potentielt er følsomme, responsive og adaptive over for menneskers tilstedeværelse og handlinger.

## Context-Awareness

I de tilfælde, hvor systemer eller applikationer skal være kloge eller hjælpsomme med det, der vises for brugeren, er det uundgåeligt ikke at komme til at berøre emnet Context Awareness. Ideen er, at systemet skal forudse, hvad en bruger prøver at opnå gennem sin handling. Systemet skal se på omgivelserne og forudse, hvad det kan hjælpe brugeren med i den aktuelle eller kommende handling. (<http://www.daimi.au.dk/~ups/PvC/final-projects/08/Report/master.pdf>).

## Pervasive technology

Med Pervasive teknologi – eller Pervasive Computing – betegner man netop det at teknologien (IKT) er trængt igennem alle steder - så denne er til stede alle steder. Pervasive betyder gennemtrængende eller dominerende. Ideen med pervasive computing er, at næsten alle enheder fra tøj, redskaber, instrumenter, biler, hjem, den menneskelige krop, m.m. kan blive indlejrede med chips til at forbinde den enkelte enhed i et uendeligt netværk med andre enheder. Målet for pervasive computing, som forbinder alle løbende netværk med trådløse computere, stemmegenkendelse, Internettets muligheder og kunstig intelligens, er at skabe et miljø, hvor forbindelsen af enheder er indlejrede på en sådan måde, at forbindelsen er diskret og altid tilgængelig. ([http://www.webopedia.com/TERM/P/pervasive\\_computing.html](http://www.webopedia.com/TERM/P/pervasive_computing.html)).

"Pervasive communication" kan ses som omfattende alle ovenstående begreber; netværket for pervasive communication handler således om ubiquitous computing, ambient intelligence og embedded systems.

I Center for Pervasive Computing på Aarhus Universitet findes denne beskrivelse:

*Pervasive computing is the next generation computing environments with information & communication technology everywhere, for everyone, at all times. Information and communication technology will be an integrated part of our environments: from toys, milk cartons and desktops to cars, factories and whole city areas - with integrated processors, sensors, and actuators connected via high-speed networks and combined with new visualisation devices ranging from projections directly into the eye to large panorama displays.* (Kilde: <http://www.pervasive.dk>)

## Teknologier

### RFID

Radio Frequency Identification, RFID, er grundlæggende en spole (i chips), der kan fortælle, hvem den er, når den læses af en elektromagnetisk læser f.eks. en PDA.

RFID bruges som "tagging" system – i stedet for "streg-koder". Hvert vareelement har indbygget et RFID tag, der kan aflæses via radiobølger. Når taggen aflæses, kan den afgive bestemte informationer, som den på forhånd er designet til at kunne opsamle og videregive. En "tag" består af to dele – et integreret kredsløb (Integrated Circuit, IC) og en antenne. IC'en inkluderer en mikroprocessor og en hukommelse.

Der er to typer af tags: aktive og passive. I passive tags udgør antenne samtidig en spole, der når den udsættes for en magnetisk aflæsning, inducerer strøm, der kan afsende de ønskede informationer. I aktive tags er der indbygget en strømforsyningskilde. Passive tags kan typisk aflæses indenfor en meters afstand, og kan næppe aflæses i afstande længere end 2 meter. Informationsmængden skal typisk være mindre end 8k bit. (Bassi, Parandi, 2002). Aktive tags kan i princippet aflæses fra større afstande – og kan oplagre og afsende meget store datamængder – i princippet ubegrænset – men i praksis begrænset af den enkelte tags og strømforsyningens størrelse. Tags er inddelt i forskellige klasser efter, hvad de kan med stigende funktionalitet

Tags kan indbygges i et robust materiale, der tillader transmission af trådløs kommunikation, som f.eks. plastik.

RFID bruges allerede i stort – og stigende omfang. I en undersøgelse som Teknologirådet har sat i gang, bringes således følgende eksempler (Kilde: [www.tekno.dk](http://www.tekno.dk)):

- Den tyske supermarkeds kæde Metro har indrettet en Future Store, hvor RFID-teknologien også bruges til at målrette butikkens tilbud til de rette kunder.
- I London har man indført "The Oyster Card", som er et elektronisk betalingssystem til offentlige transportmidler. Kortet aflæses på afstand og opkræver automatisk et beløb på brugerens bankkonto, svarende til præcis den distance, man rejser.
- Den amerikanske supermarkeds kæde WalMart har stillet krav til alle større leverandører om RFID-mærkning på paller og leverancer.
- Den Europæiske Centralbank undersøger muligheder for at indbygge RFID-mærker i store EURO-sedler for at sikre mod tyveri.
- De nye biometriske EU-pas tænkes forsynet med RFID-tags til check af biometriske data.
- BroBizz til pendlere på Storebæltsforbindelsen
- Mærkning af bøger på Silkeborg Bibliotek
- Flere virksomheder har pilotforsøg med RFID-mærker på primært varepaller (fx IKEA)

Det fremhæves, at teknologien forventes at slå igennem i forhold til optimering af hele værdikæden, fra produktion, logistikstyring, transport, detailsalg og forbrug og endvidere, når produktet skal kasseres eller genanvendes. Ud over sådanne perspektiver, knytter der sig også væsentlige problemstillinger til anvendelsen af tags – f.eks. i forhold til sikkerhed og kryptering af de informationer, der kan aflæses.

## Sensorer/MEMS

*"A sensor is a device that provides information about the state of a physical system. A sensor is tailored to the physical system and operates on the premises of the system". (<http://www.sensortec.dk/>).*

I Danmark blev der foretaget en kraftig investering i forskning og udvikling af sensorteknologi med etablering af Sensor Teknologi Center i Taastrup i 1999 (web: [www.stc.dk](http://www.stc.dk)). Væsentlig forskning foregår på Center for Indlejlrede Software Systemer (CISS) på AUC, hvorfra følgende er hentet, i deres beskrivelse af deres forskningsfelt:

*Moderne SRO (Styring, Regulering, Overvågning) systemer indeholder en mangfoldighed af sensorer, der hver især bidrager til information om et givet systems tilstand. I f.eks. kontrolsystemer er tilstandsmålinger uundværlige i etablering af feedback, der kan gøre systemet robust for f.eks. forstyrrelser. En sensors intelligens måles typisk i forhold til, hvor meget den selv processer målingerne inden den sender dem videre i systemet. En simpel sensor vil videresende de rå målinger, mens en intelligent sensor måske validerer målingen i forhold til, om den er rimelig, eller den er fejlagtig. Videre kan en sensor måske på basis af historik vurdere sin egen kvalitet og i tilfælde af fejl underrette resten af systemet om dette. SRO systemet kan herefter bruge alternativ information til at vedligeholde systemfunktionalitet indtil fejlen er rettet.*

*I et sensornetværk kommunikerer sensorerne direkte indbyrdes og danner hver især et billede af systemets tilstand baseret på information fra andre sensorer. Hvis en sensor gentagne gange har været uenig med et flertal af andre sensorer kan den med en vis sikkerhed konkludere, at den selv er fejlbehæftet. I et sådant netværk kan man sige at intelligensen findes både i sensorerne hver især og i det samlede netværk. En nærliggende analogi er hjernen, hvor simple processorer (neuroner) er massivt forbundne i et netværk (hjernen).*



Indlejret teknologi og pervasive teknologi er tæt relaterede med fremkomsten af MEMS sensorer. MEMS betyder Mikro-Mekaniske Systemer og udviklingen indenfor denne teknologi indebærer en miniaturisering af chips og sensorer, der nærmer sig nanoteknologien, så sensorene så at sige kan "smage" på naturen:

*Micro Electro-Mechanical Systems (MEMS) is the technology of the very small, yet not within the realm of Molecular nanotechnology.*

[en.wikipedia.org/wiki/MEMS](http://en.wikipedia.org/wiki/MEMS)

MEMS sensorer kombineret med RFID teknologien betyder, at tilstande kan måles og let kommunikeres til styreenheder, der kan kontrollere varme, ventilation, fugtighed etc. Den teknologiske udvikling går hurtigt på området, og den understøtter væksten i anvendelsen af indlejret og pervasive teknologi overalt – fra styring af energi og luftskifte i bygninger, til styring af biologiske processer i organismer. Der skelnes mellem passive og aktive sensorer. På en passiv sensor aflæses ændringer i påvirkning direkte. En aktiv sensor kan selv udsende signal, der giver respons, som så opsamles, logges eller behandles. En sensor skal ses som et led i et netværk. Sensoren opfanger ændringer i et legeme/genstands tilstand. Informationer herom kommunikerer videre, ofte via en processor, til en aktuator, der skaber et modsvar til de føjte/målte tilstande. Dette kan ske automatisk integreret i den pågældende enhed, eller det kan ske fx via radiosignaler til adskilte/eksterne aktuatorer. Sensorteknologi er tæt integreret i styrings og automatiseringsteknologi og anvendes overalt i industrien, bl.a. i forbindelse med automatisering af produktionslinier, af overvågning af og som reaktion på kemiske, termiske og andre tilstande.

Potentialet indenfor nanosensorteknologi nævnes også af en af arbejdsgrupperne i Den Danske Teknologiplatform for Byggeri, hvor det fremhæves at:

*"Der er stort potentiale for teknologiske gennembrud gennem innovation af byggematerialer. Nye landvindinger inden for nanoteknologi, sensorteknologi, IT og fysisk/kemisk videnskab muliggør helt nye materialer, udvikling af eksisterende materialer, og multifunktionelle materialer, der vekselvirker med miljøet omkring dem. Danmark har et særligt potentiale for at udbytte af disse muligheder. I Danmark findes der et antal toneangivende byggematerialeproducenter, der producerer materialer på højt teknologisk niveau og eksporterer deres produkter globalt."*<sup>3</sup>

### CTS, Central Tilstandskontrol og Styring

Bygningsautomatik er bredt og spænder lige fra den lille motoriserede radiatorventil til det komplette, store Centrale Tilstandskontrol og Styring's (CTS) anlæg, , samt Intelligente Bygningers Installationer, IBI, som styrer brugsarealerne med lys, varme/køling, solafskærmning og ventilation med mere. CTS er primært et system for automatisering af teknikrum og forsyningsanlæg. Bygningsautomatik er beskrevet i Bygningsautomations Guide fra Dansk EI-Forbund og er i denne forbindelse blevet brugt i beskrivelsen af indholdet af et CTS anlæg. CTS anlæg benytter i udpræget grad sensorer, der tilbagemelder tilstande til styringsanlægget. En øget anvendelse af RFID's koblet sammen med sensorer kan yderligere øge CTS anlægs funktionaliteter, ligesom indbygningen af RFIDs i installationsanlæg i sig selv kan forbedre vedligeholdelsen af disse anlæg.

Begrebet CTS opstod i 1980'erne og er under givende omstændigheder blevet til BMS, som står for Building Management System. BMS omhandler et system, der grundlæggende omfatter CTS-anlægget, men dertil samtidig

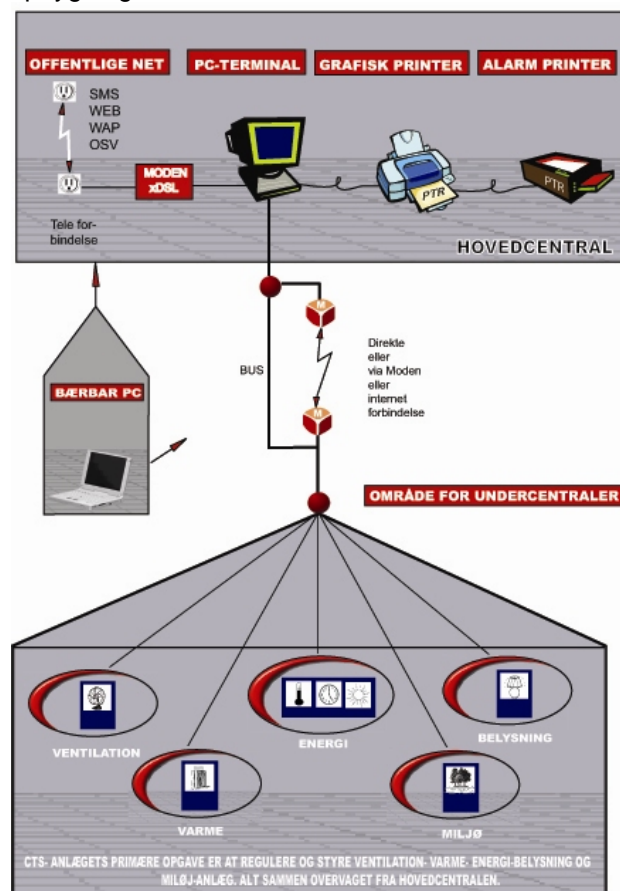
andre bygningstekniske systemer som f.eks. IBI. Indenfor Bygningsautomation sker der i disse år en standardisering, som retter sig mod integration på fælles netværk og dataudveksling mellem anlæg med forskellig bygningstekniske funktioner samordnet under en og samme BMS betjeningsflade. Historisk set blev grundlaget for CTS systemet skabt i USA omkring 1960'erne med et system, som blev kaldt Central OverVågning, COV. Det var ved en modernisering af de tekniske anlæg i Det Hvide Hus, at man fandt det ønskeligt, at driftspersonalet fra én position kunne overskue, betjene og overvåge drift og fejl i alle de bygningstekniske anlæg.

Et CTS-anlæg er et anlæg, som styrer og regulerer en bygnings samlede bygningstekniske anlæg, og det har primært opgaver indenfor en lang række forskellige opgaver, som:

- regulering af varme-, ventilations- og køleanlæg;
- styring af belysnings-, adgangsforhold/kontrol- og energibesparelses-anlæg; alarmering ved tekniske fejl, komfortafvigelser, energioverforbrug samt servicebehov;
- registrering af forbrug af varme, vand og el;
- kombination af drift og vedligehold, energistyring, klimabelastning, adgangskontrol, intelligente funktioner, nødtilkald samt rapportering af teknik og økonomi;
- levering af oplysninger/data/registreringer til grønt regnskab og aktuelle miljøområder.

Alle disse funktioner kobles til en central betjeningsenhed, som oftest en Personlig Computer, der har installeret et styringsprogram, hvis primære opgave er at automatisere, det vil sige at regulere, anlæg, f.eks.ventilation, varme og energi, samt at opsamle og forvalte data. Figur 1 illustrerer skematisk opbygningen af et CTS anlæg.

CTS systemopbygning:



Figur 1. CTS-anlæggets primære opgave er at automatisere, det vil sige at regulere anlæg for ventilation, varme, energi, el og belysning samt miljøanlæg – alt sammen overvåges og styres fra hovedcentralen. Illustration gengivet fra "Bygningsautomations Guide" udgivet af Dansk EI-Forbund.

For at overskueliggøre komponenterne i et CTS-anlæg kan de med fordel opdeles i tre grupper.

Først selve hovedcentral-komponenten hovedsageligt bestående af IT. Primært er der her servere for lagring og proces af systemets overordnede data, registreringer og systemets skærbilleder tilknyttet en PC-sarbejdsstation og printer. Distribution af data og registreringer føres typisk via diverse netværksudstyr.

Dernæst den anden gruppe bestående af undercentraler som komponenter. En undercentral indeholder en kommunikationsdel, som oftest en bustilslutning, hvortil der er koblet en intern computer, som processor for al software i undercentralen.

Den tredje gruppe er selve anlægskomponenter for CTS-anlægget. Anlægs-komponenterne er de automatiserede enheder, som monteres på selve det tilsluttede anlæg f.eks. ventilationsanlæg, pumper til varmforsyning, eller i rummet som rumfølere eller solintensitetsmålere på vejrstationen.

Et CTS-anlægs hovedcentral består typisk af en central bestående af servere, PC'ere med tilhørende printer for henholdsvis grafik og alarmer. Ved mindre systemer er server og PC-arbejdsstation indeholdt i samme PC. Der til en "modemudgang" eller internet, således at fejl kan fjernmeldes, og betjening kan foretages fra et fysisk andet sted f.eks. hos intern vagthavende eller et servicefirma. Kommunikationen kan være WEB-baseret over Internettet såvel som via telefon/SMS. Alarmer sendes typisk ud som SMS. Den centrale del af et CTS-anlæg er den centralt placerede PC, hvorfor funktionerne i et CTS-anlæg overvejende er resultatet af de programmer, der er indlagt. Det er således f.eks. for et ventilationsanlæg, et software modul, som modtager input fra f.eks. en rumføler, der behandler dataene frem til et output, som regulerer f.eks. en motorventil. Tilsvarende er det således, at f.eks. for et ventilationsanlæg, at et software modul, som modtager input fra f.eks. en brandalarm, behandler dataene frem til et output, som stopper al ventilation i arealer, som har forbindelse med en eventuel brand i en bygning.

Undercentraler kan tilsluttes direkte med buskabel eller via modem til bygninger, der ikke er indenfor et fysisk afgrænset området.

### 3. Forsknings- og udviklingsaktiviteter inden for området

Forskning og udvikling af indlejret teknologi inden for byggesektoren er karakteriseret ved at være et område, der er så nyt, at det optræder fragmentarisk og på tværs af eksisterende udviklings- og forskningsmiljøer. Ud over forskning, der retter sig snævert mod emnet, er mange af initiativerne typisk rettet mod at etablere nye netværksdannelser på tværs af eksisterende branche- og forskningsaktiviteter, hvor formålene er:

1. at skabe nye relationer og vidensdeling mellem forskningsmiljøer og virksomheder
2. at skabe nye platforme for teknologi- og markedsudvikling

Konklusionen på denne del af undersøgelsen er, at vi har kunnet konstatere, at flere af netværkerne har fået øget fokus på byggeriet og i foråret d.å. inddrages byggeriet i hvert fald i et netværk om forskningsbaseret brugerdreven innovation, som Alexandrainstituttet i Århus er tovholder i, dels i en workshop som del af et Teknologisk Fremsynsprojekt, som Teknologisk Institut er tovholder i og som gennemføres i samarbejde med SBI. Ministerielle styrelser i ERABUILD - samarbejdet har igangsat et internationalt samarbejdsprojekt om en kortlægning af specielt Byggeriets brug af RFID. Endelig har Risø taget initiativ til et forslag om et forskningsprojekt rettet mod RealDania, der samler de vigtigste af byggeriets innovationsaktører i et samarbejde om nanoteknologi i byggeriet.

Byggeriet er således kommet på dagsordenen i forhold til udviklingen af ny teknologi – dels som et potentielt marked med stor volumen – dels som en avanceret bruger, der kan være med til at udvikle teknologien.

Også i arbejdet med EU's 7 rammeprogram for forskning spiller byggeriet og sammenhængen med den nye teknologi en vigtig rolle. Dette kommer ikke mindst til udtryk i et temaarbejde omkring Proces og IKT, som har fundet sted i en ECTP gruppe<sup>4</sup>. Om ECTP gruppernes bestræbelser reelt vil få en afsmitning i det syvende rammeprogram for forskning er ukendt på nuværende tidspunkt, da det er beslutninger, der foretages i Kommissionen. Alt tegner dog klart til at byggeri og indlejret teknologi vil være på den europæiske dagsorden i de kommende år. Gennem arbejdet i ECTP er der dannet nye netværker mellem virksomheder og forskningsinstitutioner på tværs af Europa. Samtidig kaster udviklingen af den nye teknologi og brugsområdet byggeri nye konkrete produktmuligheder af, der kan realiseres med støtte fra andre EU initiativer end rammeprogrammer for forskning, f.eks. Heureka programmet.

I Danmark spiller Århus universitet, Alexandra Instituttet A/S i samarbejde med private firmaer (bl.a. InJeT Aps) en aktiv rolle i arbejdet for infrastrukturer for de tekniske løsninger. I Europa spiller C International Ltd. (England), INNOVA S.p.A. (Italien), FORTH Foundation for Research and Technology (Grækenland), CNet Svenska AB (Sverige), T-connect S.R.L. (Italien), Software AG (Belgien), Telefónica I+D (Spanien) en aktiv rolle i udviklingen af CTS anlæg.

---

<sup>4</sup> ECTP: European Construction technology Platform. Der refereres her til Focus Area 7: Process and ICT ([http://www.ectp.org/fa\\_pict.asp](http://www.ectp.org/fa_pict.asp))

På RFID området er byggeforskningsinstitutterne i Finland (VTT) og UK (BRE) vigtige spillere. I Danmark er der oprettet et test center på TI, og private udviklingsfirmaer har særlige kompetencer på privacy området. Indenfor nano- og sensor området anses Danmark for at have særlige styrker.

Generelt er det undersøgelsens opfattelse, at der hidtil ikke har været et ekspanderende samarbejde mellem den danske byggesektor og udviklerne af den nye teknologi. Det hidtidige samarbejde har været begrænset. Men undersøgelsen viser også, at mulighederne synes store, og at der indenfor forskning og udvikling er en begyndende interesse i at inddrage sektoren. Det er en udfordring for sektoren at tage del i et sådant udviklingsarbejde.

I den nedenstående kortlægning er potentialer for forskning og udvikling i feltet indlejret teknologi i byggesektoren søgt identificeret i forskningsfonde, netværker og forskningsmiljøer. Hertil er nogle relevante udenlandske forskningsinitiativer identificeret, især initiativer i EU.

Oversigten er ikke udtømmende, men den giver et godt billede af vigtige initiativer og miljøer.

I bilag 3 findes en liste med vigtige danske forskningsinstitutioner.

## Forskningsfonde og initiativtagere

### Statslige forskningsfonde

Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling udtrykker som sit formål, at det arbejder med at sikre samspillet mellem erhvervslivet, forsknings- og uddannelsesmiljøerne samt styrke koordinationen i forhold til erhvervs- og innovationspolitikken. Ministeriet arbejder med den helt overordnede politik på området, men igangsætter også meget konkrete og praksisrettede initiativer, der retter sig direkte mod forsknings- og innovationsmiljøerne, både i Rådet for Teknologi og Innovation og Højteknologifonden og har herudover Teknologiske Fremsynsprojekter. I Forskningsstyrelsens regi findes forskningsrådene. (I bilag findes en oversigt over den nuværende og kommende opbygning af det statslige forskningsbevillingssystem).

En række initiativer har direkte betydning for forskningen indenfor indlejret teknologi og byggeri:

*Teknologisk Fremsyn*, særlig det igangværende fremsynsprojekt om mobil og trådløs kommunikation (se senere).

*Den Jyske IT korridor*, særlig projekter om pervasive computing, der er bygget op omkring Alexandrainstitutet i Århus (se senere).

*Sensorinitiativet*, herunder Sensortec A/S (se senere).

*Højteknologifonden* støtter projekter og initiativer, der støtter Danmarks videre udvikling mod et højteknologisk samfund. Fonden støtter initiativer indenfor tre områder: Bioteknologi, Nanoteknologi og Informations- og kommunikationsteknologi – alle områder, hvor Danmark har store forskningspotentialer, der i samspil med erhvervsliv kan skabe eksport og beskæftigelse.

I 2005 støttede Fonden 12 projekter, men ingen af disse omhandler indlejret teknologi og byggeri.

I 2006 er igen udmeldt en indkaldelse af interessetilkendegivelser og senere konkrete ansøgninger. I 2006 er budgetrammen ca. 200 mio. kr., hvoraf 125 – 150 mio. er planlagt anvendt til projekter af 1-3 års varighed og med et samlet projekt på 10- 20 mio. kr., medens 50 - 75 mio. kr. forventes anvendt til Højteknologiske Platforme af 3-5 års varighed og med et samlet budget på 30 – 50 mio. kr.

I Forskningsstyrelsens regi ligger Forskningsrådene, hvoraf særlig Det Strategiske Forskningsråd samt Programkomiteen for Energi- og Miljø, og Pro-

gramkomiteen for Nanovidenskab- og teknologi, Bioteknologi og IT – NA-BIIT, er af betydning for forskningsfeltet indlejret teknologi og byggeri.

Under *Det Frie Forskningsråd* ligger fem forskningsråd, der retter sig mod forskningens traditionelle forskningstemaer. Denne undersøgelse er ikke stødt på projekter indenfor temaet indlejret teknologi og byggeri, der er støttet af nogle af de fem frie forskningsråd, men fagligt vil projekter indenfor dette felt falde under *Forskningsrådet for Teknologi og Produktion* (FTP), der dækker følgende hoveddiscipliner:

Bioteknologi, bygge- og anlægsteknik, elektronik, energiteknik, miljøteknologi, IT- og kommunikationsteknologi, kemiteknik, materialeteknologi, maskin- og produktionsteknik, medicinteknik, mikro- og nanoteknologi, vegetabilsk produktion, animalsk produktion, herunder veterinærvidenskab samt fødevarer og udnyttelse af naturressourcer og miljøbeskyttelse.

*Det Strategiske Forskningsråd* (DSF) giver støtte til forskning indenfor politisk prioriterede forskningsområder. Rådet har ikke selvstændig bevillingskompetence. Denne udøves gennem nedsatte programkomiteer indenfor prioriterede områder.

I 2005 blev indkaldt forslag til etablering af *Innovationsaccelerende Forskningsplatforme*. Mere end 200 forslag indkom. Af disse var der flere, der er af interesse for området indlejret teknologi og byggeri.

Mindst tre af disse omhandlede indlejrede teknologi og byggeri. *Indlejrede trådløse passive sensor- og aktuator-systemer* er et af dem. Anvendelserne af denne teknologi rækker fra løbende overvågning af sundhedstilstande til kontrol af strukturel integritet i store konstruktioner som bygninger, broer og vindmøller. Man kan forestille sig, at meget små passive sensorer iblandes beton, hvorefter man trådløst kan følge hærdeningstilstand, revner, klorforekomster, korrosionstilstande, m.v.

I en anden ansøgning til det strategiske forskningsråd foreslår et konsortium, der bla. tæller Alexandra Instituttet, IT Universitetet og Datalogisk Institut v. Århus Universitet, at der dannes en innovationsaccelerende forskningsplatform om *Global Pervasive Computing*. Som det hedder i ansøgningen: *Global Pervasive Computing dækker over den næste bølge af it-anvendelser, hvor der populært sagt vil være it-processorkraft overalt, tilgængeligt for alle, og på ethvert tidspunkt. It vil i stigende grad være en integreret del af vores omgivelser med microprocessorer, sensorer, og aktuatorer i alt fra bygninger, produktionsudstyr, biler, hospitalsudstyr, tøj, legetøj – kun fantasien sætter grænser for anvendelserne.*

I en tredje ansøgning foreslås en platform om *Indlejrede Intelligente Systemer* bla. af forskningsinstitutionerne CISS (Center for Indlejrede software systemer) /AAU, CSI (center for Software Innovation)/ MCI (Mads Clausen Instituttet)/SDU, IMM(Informatik og Matematisk Modelering)/DTU. Blandt erhvervsforslagsstillerne findes Grundfoss, Danfoss og I/O Technologies. Ansøgerne er aktive i europæisk forskning, bl.a. indenfor EU projektets ARTIST (Advanced Real Time – IST) og i et Network Of Excellence ARTIST2 (Advanced Research and Development on Embedded Intelligent Systems). Projektets teknologiske fokus er præcist rettet mod indlejrede intelligente systemer, men i projektforslaget er der fokus på andre erhvervssektorer end byggeriet. Men det kan konstateres, at der blandt forslagsstillernes erhvervsrepræsentanter er centrale udviklere af systemer, der i høj grad har byggeriet som marked.

På baggrund af disse forslag formulerede DSF 10 forskningsplatforme, som inspiration til det øvrige forskningssystem, herunder Højteknologifonden. Ingen af de formulerede platforme har sammenhængen mellem Byggeri og indlejret teknologi i fokus, men i flere af platformene nævnes byggeri eller informationsteknologi. Særlig i platformen Globale Designdrevne Produktions-

platforme, nævnes byggeriet som eksempel, og selv om fokus lægges på øget industrialisering af byggeprocessen, nævnes behovet med øget integration med informationsteknologi.

Indenfor *Programkomiteen for Energi og Miljø* støttes forskningsprojekter inden for vedvarende energi, herunder på områderne; vindkraft, bioenergi, solceller, brændselsceller og energibesparende teknologier. Endvidere kan der søges om støtte til forskningsprojekter inden for vedvarende energi og miljømæssig bæredygtig energiproduktion. Programmet lukker i princippet op for forskning indenfor feltet CTS og indlejret teknologi. Reelt er ingen af de hidtil støttede projekter imidlertid at finde indenfor dette område.

Indenfor *Programkomiteen for Nanovidenskab og –teknologi, Bioteknologi og IT – NABIIT* støttes strategisk forskning indenfor nanoteknologi, bioteknologi og it teknologi. Det formulerede forskningsfelt dækker klart feltet indlejret teknologi og bygninger, men ingen af de bevilgede projekter falder i dette felt. For NABIIT programmet, som for det øvrige statslige strategiske forskningssystem gælder således, at selv om man har stor bevågenhed rettet mod IKT og hermed indlejret teknologi, sker dette ikke i krydsfeltet mellem teknologien og byggeri.

## Andre forskningsinitiativtagere

### *Teknologirådet*

Teknologirådet (under Videnskabsministeriet) har til opgave at udbrede kendskabet til teknologi, dens muligheder og konsekvenser. Der er ikke tale om støtte til forskning, men man støtter debat og igangsætter projekter om ny teknologi. Således har man pt. et projekt om RFID teknologien.

### *Erhvervs- og Byggestyrelsen*

Styrelsen har haft en afgørende indflydelse på udviklings- og forskningsaktiviteter i tæt samspil med forskningsinstitutioner og virksomheder inden for byggesektoren. Der har hidtil ikke været meget fokus på indlejret teknologi, og de muligheder dette skaber for byggeriet. I seneste udspil "Vision 2020" omtales indlejret teknologi og byggeri eksplicit som et kommende væsentligt felt for dansk byggeri. Nærværende projekt kan ses som udtryk for en første aktiv indsats på området.

### *Realdania*

Fonden Realdania støtter projekter, der retter sig mod det bebyggede miljø. Det kan både være meget konkrete byggeprojekter, innovationsprojekter og forskningsprojekter. Hidtil har fonden ikke støttet projekter indenfor feltet indlejret teknologi og byggeri.

## Netværker

Undersøgelsen er stødt på flere netværker, der kan spille en vigtig rolle i forhold til indlejret teknologi og bygger. Nedenfor skal nogle af disse kort omtales.

### Teknologisk fremsyn

Videnskabsministeriet har gennemført en lang række Teknologiske Fremsyns projekter. Af særlig interesse for denne rapport har været tre projekter, hvoraf de to er gennemført. Det handler om et fremsynsprojekt om *Pervasive Computing*<sup>5</sup> og et projekt om *Nanoteknologi*<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> web: <http://www.teknologiskfremsyn.dk/site/doc.php?id=476>

<sup>6</sup> web: <http://www.teknologiskfremsyn.dk/site/doc.php?id=441>

Begge fremsynsprojekter handler om udvikling af teknologi, der forventes at spille en stor rolle i fremtidens byggeri. I selve fremsynsarbejdet har der ikke været specielt fokus på byggeri, men brugen af de pågældende teknologier i forhold til byggeriet er nævnt men ikke uddybet.

Videnskabsministeriet har aktuelt et projekt med fokus på Teknologisk Fremsyn inden for *Mobil teknologi og trådløs kommunikation*. De har besluttet at fokusere på tre områder:

- Sundhed
- Underholdning
- Produktion og vedligeholdelse i byggeriet.

Projektet gennemføres af Teknologisk Institut. Vedr. det sidste punkt peger Videnskabsministeriet på, at de ikke ved så meget og stiller retorisk spørgsmålet. "Er byggeriet overhovedet modent til at indbygge en infrastruktur, der tillader den fremtidige teknologi"<sup>7</sup>?

Hovedfokus i fremsynet er den mobile kommunikation som den især kommer i anvendelse omkring mobile telefoner, PDA'er, 3G eller andre mobile terminaler. Men også RFID teknologien indgår.

Der er afholdt en workshop i april 2006, hvor teknologiudviklere, forskere og aktører fra byggeriet deltog. På workshoppen var der oplæg vedr. mobile terminaler på byggepladsen, Det digitale Byggeri, samt indlejret teknologi med fokus på RFID og sensorer. Workshoppen gennemførtes af Teknologisk Institut i et samarbejde med SBI.

## Sensornetværk

Hovedformålet med netværket er at opbygge faglige, strategiske og personlige relationer mellem vidensinstitutioner og virksomheder. Initiativtagerne bag netværket er ITEK, KU/DIKU, DTU/IMM, STC og DELTA. ITEK er et branchefællesskab i Dansk Industri for virksomheder inden for IT, tele, elektronik og kommunikation. Netværket er nyetableret, men aktiviteterne tænkes at være møder, seminarer, workshops, etc.

Baggrunden for netværket beskrives af initiativtagerne på følgende måde

*"Udviklingen indenfor chip-teknologi tillader en stadig stigende integration af komponenter og funktionalitet på en enkelt chip, hvorved der kan opnås små, billige og meget energi effektive produkter. Specielt har udviklingen af sensor teknologier (MEMS) og radiochips (RFID), kombineret med udviklingen indenfor processor design og indlejrede softwaresystemer gjort det muligt at indføre nye former for trådløs overvågning og kontrol – Trådløse Sensor Netværk. Ved at opsætte disse enheder i et givet miljø kan der skabes en sammenhæng mellem den fysiske og den digitale verden. Dette giver helt nye muligheder indenfor en række anvendelsesområder som bl.a. logistik og distribution, sundhedssystemer, og automatisering af produktionsanlæg.*

*Anvendelsen af denne nye teknologi kræver, at en række tekniske problemer - som f.eks. at sikre privathed og systemsikkerhed, at begrænse energiforbrug og at programmere og anvende et meget stort antal enheder - løses i et sammenspil, der involverer både software, hardware og kommunikation. Bredden af disse domæner og den tætte integration af disse kræver tværfagligt samarbejde. Ingen enkeltstående firmaer eller institutioner kan alene frembringe komplette løsninger. Derfor er der brug for samarbejde henover domænegrænser."*

Med støtte fra Højteknologifonden skabtes således STC, Sensor Technology Center A/S. STC Det er et samarbejde mellem Bioneer A/S, Teknologisk Institut, DELTA, DHI Water & Environment og Force Technology. Alle fem er Teknologiske Service Institutter (GTS'er).

<sup>7</sup> Telefoninterview med Søren Jensen, Videnskabsministeriet.



Fra STC's hjemmeside lyder det:

*"STC is a network organisation offering knowledge and competencies necessary to develop, produce, and bring to market sensors. This includes research of markets and technologies and management of intellectual property. STC is an independent private limited company A/S operating on a commercial basis"* (web: [www.sensortec.dk](http://www.sensortec.dk))

### AIM Danmark

AIM Danmark ([www.aimdenmark.dk](http://www.aimdenmark.dk)) er en forening for leverandører af automatisk datafangst - udstyr og software til brug for optimering af logistikkæder. AIM er medlem af AIM global ([www.aimglobal.org](http://www.aimglobal.org)). De formidler informationer om teknologier, metoder og udstyr til automatisk datafangst, f.eks. strekkoder eller RFID-tags. Endvidere gennemføres konferencer, der omhandler brug af automatisk datafangst inden for forskellige brancher. Man kan enten være medlem af selve foreningen eller medlem af brugergruppen, hvor man har mulighed for at deltage i særlige arrangementer. Foreningen kan formidle kontakten til leverandører af hard- og software samt rådgivere i anvendelsen af automatisk datafangst på lageret, i produktionen, i distributionen eller hvor auto-id ellers kan anvendes.

### Netværker omkring Alexandre Instituttet

Alexandra Instituttet er et forskningsbaseret aktieselskab, der arbejder for at bygge bro mellem IT-erhvervsliv, forskning og uddannelse. Et forsknings- og udviklingsmæssige tyngdepunkt i Alexandra Instituttet er pervasive computing. Alexandra Instituttet har basis i IT-byen Katrinebjerg i Århus. Instituttets mål er at medvirke til at skabe innovation i erhvervslivet baseret på forskningsresultater, samtidig med at forskere og studerende får lejlighed til at afprøve deres teorier og ideer i praksis og få ny inspiration via konkrete samarbejdsprojekter med virksomhederne.

Alexandra Instituttet fungerer som matchmaker mellem forskere og virksomheder og formidler samarbejde mellem offentlige forskere, private virksomheder og andre organisationer. Instituttet har udviklet konkrete modeller for samarbejde mellem forskere og erhvervslivet.

### *Komlalt – vidennetværk for pervasive communication*

Fra VTU har man fået støtte til Komlalt - vidennetværk for pervasive communication. Projektet er et samarbejdsprojekt mellem følgende vidensinstitutioner:

- IT-Universitetet i København, der bidrager bl.a. med viden om softwareproduktion, computerspil og mobil kommunikation (web: [www.itu.dk](http://www.itu.dk))
- ISIS Katrinebjerg, Århus, der bidrager bl.a. med viden om interaktive rum, pervasive healthcare og softwareudvikling (web: [www.isis.alexandra.dk](http://www.isis.alexandra.dk))
- Center for Indlejrede Software Systemer, Aalborg Universitet, der bidrager bl.a. med viden om modeldrevet udvikling, sensornetværk, sikkerhedskritiske systemer og validering & test af indlejrede systemer (web: [www.ciss.dk](http://www.ciss.dk)).
- Center for Software Innovation, Sønderborg, der bidrager bl.a. med viden om komponentbaseret design af tidskritiske systemer, software design af indlejrede systemer og trådløse protokoller i indlejrede systemer (web: [www.cfsi.dk](http://www.cfsi.dk)).
- Knowledge Lab, Syddansk Universitet i Odense, der bidrager bl.a. med viden om digitale kompetencer, it-baserede videnværktøjer og interaktivt TV (web: [www.knowledgelab.dk](http://www.knowledgelab.dk))

### *Forskningsbaseret brugerdreven innovation*

Alexandra Instituttet har sammen med flere andre institutter fået støtte til dannelse af Højteknologiske Netværk. Netværket vil fokusere på at udbrede viden og best practise inden for brugerdreven innovation. Men også undersøge hvordan viden fra forskningsinstitutioner kan bruges til at skabe innovation og vækst i erhvervslivet. Netværket vil være virksomhedernes eksterne innovationsafdeling, hvor de kan hente viden, trends og markedsanalyser, værktøjer og deltage i projekter. Som opstart for netværket skabes yderligere fokus ved at vælge 2-3 temaer, således at netværkets aktiviteter kan målrettes helt specifikke målgrupper, men på tværs af fag og brancher. Som udgangspunkt for netværkets aktiviteter er det valgt at fokusere på følgende temaer for den første periode: oplevelser, livsstil og byggeri. Om byggebranchen hedder det i projektbeskrivelsen:

*Byggebranchen har altid været stærkt traditionsbunden, og der er sket meget lidt de sidste 20 år mht. organisation af f.eks. en byggeplads eller kommunikationen mellem rådgiver, entreprenør og arkitekter. Men dansk byggeri står over for store udfordringer de kommende år. Stigende krav fra kunder og skærpet international konkurrence er blandt de centrale faktorer, som byggeriet skal forholde sig til. Samtidig med at nye koncepter og ny teknologi vinder frem og skal indpasses i byggeriet. Der sker en radikal ændring af den traditionelle produktionsproces og bygningsdrift, og der kommer nye aktører ind centralt i byggeriet. Disse udfordringer kræver forandring. Temaet går på tværs af byggebranchen og omfatter bygherrer, investorer, rådgivere, entreprenører, byggevareproducenter, ejendomsmæglere, driftsherrer mm. I foråret 2006 dannes en netværksgruppe, der bl.a. indeholder byggevirksomheder. SBi deltager i netværksarbejdet.*

### *Projekt under IT-Korridoren*

Center for Interactive Spaces, Arkitektskolen i Århus har fået bevilget projektet "IXP - Interaktive Oplevelsesrum". Formålet er at udnytte pervasive computing teknologier til at skabe nye former for interaktive oplevelser i museer og attraktioner. Der skal bl.a. arbejdes med aktive billetter og rum, der formidler fælles oplevelser afhængig af sammensætningen af den gruppe besøgende, der er i rummet. Der skal også arbejdes med bevægelsesbaserede grænseflader, som kan gøre de besøgende til aktive deltagere i de historier, konkurrencer og spil, der benyttes i formidlingen

## EU projekter

### Roadmapping

I et Road mapping project for byggesektoren, ROADCON, spiller teknologifaktoren en vigtig rolle. VTT (det finske byggeforskningsinstitut) har været centralt placeret i arbejdet, der afsluttedes 2003 (Roadcon, 2003). Erfaringerne fra projektet overføres til arbejdet med det kommende 7. Rammeprogram for Forskning bl.a. gennem projektet MANUBUILD, der danner en ramme for de teknologiplatforme, der er etableret mhp formulering og forbedelse af det 7. Rammeprogram (Manubuild, 2005).

Under ERABUILD er bl.a. Strat-CON projektet, Strategic Action for realising the Vision of ICT in Construction. "Main objectives are to validate strategic actions for realising vision of ICT in construction and provide guidelines for implementation and also refine and validate ROADCON vision and roadmap for ICT in construction" (<http://www.erabuild.net/>)

## ECTP

Som forberedelse til det 7. Rammeprogram for Forskning er der nedsat nationale teknologiplatforme bl.a. indenfor byggeri – ECTP: European Construction Technology Platform. På tværs af medlemslandene er nedsat en forskningsplatform – Fokus Area 7, *Processes and ICT's*, der specielt har fokus på teknologi, herunder specielt pervasive, embedded og ambient technology. SBI deltager i ledelsen af arbejdet og har ledet arbejdet med anvendelsen af IKT i byggeprocesser (WG1). I inputtene til det 7. rammeprogram efterlyses en forskning, der styrker forskellige temaer ([http://www.ectp.org/fa\\_pict.asp](http://www.ectp.org/fa_pict.asp)):

*Value - driven processes: Stakeholder based design and production. Involvement of all types of stakeholders from end-user, client to designers, engineers, contractors and facilities managers.*

*Digital Site: Develop building sites based on ICT to high efficiency in working process, reduce bad workmanships/ failure in building solutions, minimize working accidents, optimize logistics and establish a process for convergence in standardisation.*

*Ambient access: Develop ICT-based information repositories and services (including information retrieval and semantic search engines, as well as administration of profiles and access control conventions) providing ubiquitous access to both explicit corporate knowledge, and domain knowledge (e.g. standards, regulations, specifications, etc.), as well as to some explicit representation of tacit knowledge and skills of the company's experts.*

*Intelligent constructions: Develop integrated system architectures, sensor networks and solutions for monitoring, operation and control including ambient user interfaces, context awareness and embedded support for virtual working environments.*

*Smart industrialized production: Develop modular (intelligent & pluggable) products, integrated multifunctional modules and production equipment for industrialized off-site production and methods for rapid on-site assembly and connection. Develop innovative measurement techniques for assessment and quality control of materials in arrival at the construction site. Develop tools for effective logistics management from suppliers to site and ambient/embedded guidance for on-site assembly work.*

## Tværnational RFID undersøgelse

Under ERABUILD er udbudt en opgave for "a review of the current international state of the art with regard to the implementation of RFID in construction and to consider the future needs for research". Særligt fokus på "state of the art" i Danmark, Sverige, Finland og England. Det finske byggeforskningsinstitut VTT vandt opgaven og er netop startet med at løse den (marts 2006). I Danmark sker det i samarbejde med *Emballage og Transport, Teknologisk Institut*.

## Artemis

Artemis (Advanced Research and Technology for Embedded Intelligence & Systems) er et IST project under 6. rammeprogram, der er fortsat i en Network of Excellence Artemis Technology Platform (Artemis 2). Platformsarbejdet fokuserer på indlejret teknologi og søger at styrke den europæiske indsats på området. Det ses som havende potentiale til at blive et europæisk økonomisk og teknologisk vækstområde. Kan ses som en "driver" for europæisk samarbejde omkring indlejret teknologi – på alle felter - herunder byggeri. Flere af forslagsstillerne til en innovationsaccelerende forskningsplatform under Det strategiske Forskningsråd, er aktive i Artemis netværket ( se tidligere).

## Andre projekter

Grundfos deltager i et EU projekt under 6-rammeprogram, EU-domain projekt med titlen "*eu-DOMAIN*": *The eu-DOMAIN project is developing an innovative ambient intelligence service platform for automatic and context sensitive offering and contracting of mobile web services across heterogeneous networks*. Målet er, at: *"stimulate secure services, applications and content based on a widely available broadband infrastructure"*, Projektet er et: *"eu-DOMAIN, co-financed by the European Union under the IST priority of the 6th Framework Programme"*. Yderligere information kan hentes på [www.eu-domain.eu.com](http://www.eu-domain.eu.com). Projektet arbejder blandt andet for et fælles grundlag og standarder for udvikling af såvel teknisk tunge som flygtige værktøjer til datakommunikation mellem enheder i et CTS anlæg. Tillige ser projektet på, hvorledes forretningsgrundlaget kan se ud for yderligere aktører, som kunne skabe bindeleddet mellem de teknisk tunge og flygtige værktøjer.

Under RP 6 er der etableret et europæisk netværk, Embedded WISENTS, med henblik på at styrke udviklingen på MEMSområdet.

## 4. Indlejret teknologi i byggeriet

I byggeriet kan indlejret teknologi få betydning for produktion af bygnings-elementer, distribution af bygnings-elementer, selve opførelsen af byggeriet, for drift, for vedligehold, og for det daglige ophold som bygningens beboere og brugere har.

I kapitlet sættes fokus på anvendelsesmulighederne af tre teknologier, der er centrale når man taler om indlejret teknologi, nemlig

- Radio Frequency Identification (RFID), som består af en "tag" og en aflæser,
- Sensorer/Mikro-mekaniske Systemer (MEMs)
- Centrale Tilstands- og Styringsanlæg (CTS) i byggeriet.

I beskrivelsen nedenfor gennemgås de forskellige muligheder for at anvende den nye teknologi i de forskellige led i byggekæden – fra producent af byggematerialer, over selve byggefasen til drift – og slutbruger. Derefter ses på de besparelsesmuligheder, der mere eller mindre eksplicit ligger i den nye teknologi.

### Produktion af byggematerialer

Byggeproducenter forstås i denne sammenhæng som alle de virksomheder, der producerer dele/produkter til brug for et byggeri.

#### Styring af produktion

Der er stor forskel på producenter af byggekomponenter, der bl.a. adskiller sig ved, hvor komplekse deres produkter er, og hvor kundetilpassede produkterne er, når det/de forlader virksomheden. RFID kan især få betydning for de skræddersyede dele af den automatiserede produktion dvs. mass customization. For mere komplekse eller skræddersyede produkter kan det nemlig være en fordel at styre produktionen med tags, som det f.eks. er kendt fra bilproduktionen. Tags sættes på basisproduktet, der så selv fortæller arbejdsstationerne, når der skal hæftes mere etc. på dem. Der er allerede erfaringer med anvendelse af tags til produktionsstyring i byggebranchen. WestWood i Sverige har brugt tags under produktion af døre. Hver enkelt dør forsynes med tag, der har informationer om netop de processer denne kundetilpassede dør, skal gennemløbe. Tag'en bliver på døren under processen – men fjernes evt. derefter. Anden fase i brugen af den monterede tag kan evt. være informationer til brug på byggepladsen, om hvor døren skal placeres. Døren fortæller så at sige selv, hvor den skal placeres<sup>8</sup>.

ICOPAL, som producerer banevarer til tagdækning, vurderer, at deres produktionsproces er for simpel til, at det vil være en fordel for dem at bruge tags i bearbejdningen, men ICOPAL vurderer, at mange producenter af byggelementer kan have en interesse i at anvende tags som led i at optimere produktionsstyringen<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Interview med Arne Rask, LOGISYS

<sup>9</sup> Telefoninterview med Janus Pagh, ICOPAL

## Serviceydelser

For flere producenter er der knyttet serviceydelser til deres produkter, når de forlader virksomheden og er i brug hos kunden. Der er allerede eksempler fra byggebranchen, hvor tags bruges i forbindelse med optimering af serviceydelser. Grundfos<sup>10</sup> leverer typisk elementer i form af pumper til CTS anlæg. Grundfos forsyner deres pumpeanlæg med tags, der indeholder informationer, der skal bruges ved service og reparation. Reparatørerne kan derved få oplysninger på forhånd om, hvad det er for specifikke produkter, de skal reparere, således at de kan have det rette værktøj og de rigtige reservedele med til reparation på stedet.

## Instruktioner og vejledninger

Mange producenter har brug for at levere vejledninger og instruktioner med deres elementer/produkter til brug for håndværkere, brugere m.fl. Dette kan også leveres med RFID.

Dalton Betonelementer<sup>11</sup> deltog for et par år siden i en test af en RFID indlejret i et betonelement. Da det var en test, var det kun i et enkelt element. Testen skete i samarbejde med Århus Innovations Lab, som havde et projekt med fokus på anvendelsesmuligheder for ny teknologi. Ved aflæsning af RFID'en med en PDA blev man elektronisk navigeret til en hjemmeside med 3D tegninger, montagevejledninger, anvisninger på håndtering samt information om vedligeholdelse og drift af betonelementet. Intentionen var at medarbejderne på byggepladsen skulle udstyres med en PDA.

De muligheder Dalton Betonelementer ser i brugen af RFID i forbindelse med byggeri er:

- Forbedring af logistik på hjemmelagret ved f.eks. lettere at kunne finde varerne samt lagerstyring gennem automatisk opdatering ved aflæsning.
- Løbende opdatering af informationer vedrørende bygningselementet, som hele tiden vil være tilgængelige for brugerne. Informationerne er f.eks. placeret på en hjemmeside. Informationer kan være 3D-tegninger til støtte under byggeprocessen, vejledninger i håndtering af elementet for bygningsarbejderne, vejledninger i brug af rengøringsmidler, og vejledning i vedligeholdelse
- Mulighed for brug af videofilm til byggepladsarbejderne om håndtering og montage af elementerne.
- Forbedring af sikkerhed og reduktion af ulykker på byggepladsen ved at montagearbejderne "tvinges"/"motiveres" til at se en montagevejledning før elementet frigøres. Ideen er, at elementet først frigives, når RFID'en er aktiveret.
- Forbedring af drift og vedligeholdelse ved at vejledninger løbende opdateres, når der kommer ny viden. Endvidere kan man undgå, at gamle vejledninger bliver væk. Ofte bliver betontrapper m.m. rengjort med forkerte rengøringsvæsker, og det kan nedbryde overfladen på betonen, hvilket øger behovet for hurtigere renovering.

Dalton Betonelementer vurderer, at den største gevinst er af sikkerhedsmæssig karakter. Man kan ved forkert håndtering af tunge betonelementer risikere at knække betonelementerne og i værste fald ramme andre. Der sker både ulykker og mange nærvæd-ulykker. Ved at sikre at montagearbejderne ser vejledningerne, før de kan frigøre elementerne, øges deres viden om, hvordan de skal gøre med de enkelte elementer. Dalton Betonelementer peger på, at det er specielt vigtigt ved specielle elementer. Ved brug af RFID koblet til en hjemmeside har producenterne mulighed for at visualisere vejledningerne på en anden måde end de traditionelle vejledninger, som kun 1 ud af 10 læser i dag, som det udtrykkes i interviewet.

<sup>10</sup> Telefoninterview med Thorkild Kvisgaard, Grundfos

<sup>11</sup> Telefoninterview med Erling Holm, Dalton Betonelementer

## Garanti

Kopiering af produkter eller andre former for svindel, herunder svind, er et stort problem for både producenter og kunder. Dette er et problem, man også er opmærksom på i byggebranchen – specielt svind. Producenter står over for markeds- og image problemer samt problemer med ansvarspådragelse. Kunderne står overfor problemer med at kunne være sikker på at få, hvad de forventer.

Fra andre brancher er der erfaringer med at bruge tags til at sikre ægthed og sporbarhed. I USA er fokus på anvendelsen af RFID, at bruge RFID mod snyd af ægthed ved den enkelte vare. Dette gælder f.eks. indenfor medicin, hvor man regner med at op til 8 til 10 pct. af varerne er falske produkter. Dette har alvorlige konsekvenser for de patienter, det går ud over. Problemstillingen er bl.a. at partier af den rigtige medicin bliver kørt over grænsen til Mexico og solgt under transporten, således at det er falske produkter, der når frem til de oprindelige kunder. Ideen er, at patienter m.fl. fremover skal kunne kontrollere medicin for ægthed ved køb på apoteker. Ideen er, at ved køb af medicin, skal samtidigt aflæses en tags på medicinen, som linker til producenten over Internettet og tilbage igen, hvorved ægtheden kan kontrolleres<sup>12</sup>. LOGISYS forventer, at det realistisk er indført fra 2010-2012. Det er den farmaceutiske brancheforening i USA, der står bag initiativet.

Herhjemme er der eksempler på kopi af designmøbler, der kan imødegås med tags.

ICOPAL ser muligheden for at bruge RFID som led i behandling af reklamationer. De overvejer i øjeblikket at indføre tags på deres produkter. Motivationen er muligheden for ved reklamationer at kunne læse produktets historie fra produktion til lægning af tagbeklædning og i beklædningens levetid. ICOPAL ser det som en del af deres image som professionelle producenter, at have styr på deres produkters historie. De har ikke på nuværende tidspunkt nævneværdige problemer med kopi af deres produkt og har ikke store udgifter til udbetaling af garanti, så motivationen er ikke på nuværende tidspunkt at reducere udgifter, men at fremstå troværdige og professionelle.

## Distribution

Distribution handler om lagerstyring og transport samt sikring af rette betingelser under lagerstyring og transport.

RFIDtest og Videnscenter, Teknologisk Institut, peger på, at brug af RFID i logistik kan forbedre logistikken med hensyn til at sikre de rette produkter på rettet sted til rette tid. Derudover kan det, at et produkt har sin egen identitet med RFID forbedre sporbarheden. Det betyder, at man kan finde frem til f.eks. dato for levering og leverandør<sup>13</sup>.

S-Card er producent af RFID-løsninger til kunder, og de peger på, at anvendelse af RFID-teknologi i forbindelse med logistik hos kunden er drevet af kundens ønske om bedre styr på kvaliteten gennem mere præcis information og dataopsamling<sup>14</sup>.

I forbindelse med anvendelse af stregkoder og i dag også RFID i logistik foregår et stort standardiseringsarbejde og administrationsarbejde.

---

<sup>12</sup> Interview med Arne Rask, LOGISYS

<sup>13</sup> Telefoninterview med Peter Skovborg, Seniorrådgiver, Teknologisk Institut, RFID-test og videncenter

<sup>14</sup> Telefoninterview med Steen Rasmussen, S-Card

Stregkodeorganisationerne i USA (UCC) og Europa (EAN<sup>15</sup>) er i dag fusioneret og hedder GS1 (Danmark, USA mfl.). GS1 Denmark er en Non-Profit organisation, hvis formål er at være ansvarlig for UCC-EAN-systemet i Danmark, inden for rammebestemmelser fastsat af EAN International. Foruden varetagelsen af udvikling, vedligeholdelse og videreformidling af standarderne, er det GS1 Danmarks opgave at sikre, at EAN-varenumre og lokationsnumre er unikke. Ved unik forstås, at et givent EAN-varenummer eller EAN-lokationsnummer globalt identificerer ét produkt eller én ydelse eller én lokation. GS1 Denmark sørger således for, at et virksomhedsreferencenummer eller lokationsnummer kun tildeles én virksomhed. Herefter er det virksomhedens ansvar at sørge for, at det enkelte produkt eller ydelse har et unikt EAN-varenummer. Virksomheder skal ikke meddele GS1 Denmark hvilke EAN-varenumre, der er tildelt de enkelte produkter. Dette betyder således, at GS1 Denmark alene har virksomhedens referencenummer registreret. Standardiseringsarbejdet med RFID's skal således ikke startes op fra bunden, men kan i stort omfang bygge videre på det bredt gennemførte standardiseringsarbejde, der allerede er foretaget for stregkoder.

LOGISYS arbejder med logistik og arbejder bl.a. som konsulenter for GS1. LOGISYS karakteriserer standarderne for RFID til brug i logistik ved:

- Det er blevet besluttet kun at registrere producent og produkt. Dette betyder, at man skal opbygge et produktindivid nummersystem ved siden af.
- Standarderne gør det i dag muligt at læse frekvenser i lidt forskellige frekvensområder (forskydninger i frekvensområder). Dette har været vigtigt for f.eks. AP Møller, som transporterer containere rundt i hele verden, hvor det er væsentligt at forskydninger i de geografiske frekvensområder ikke hindrer aflæsning<sup>16</sup>.

Standarderne er udviklet til logistikformål. Der kan derfor være et gab mellem standardernes rækkevidde og byggebranchens behov.

### Svindel og kontrol

Fordelen ved at bruge RFID er bl.a. muligheden for reduktion af svindel og kontrol i forbindelse med distribution. For at undgå svindel under transport er der ideer om, at producent og distributør i sidste øjeblik skal aftale en rute varerne skal transporteres. Varerne skal have tags, som når de kører gennem kontrolpoints på ruten fortæller, at varerne er på det og det geografiske sted. Det kræver, at der opbygges en infrastruktur med kontrolpoints. Under alle omstændigheder kan produkter spores tilbage til producent, hvis politiet kommer i kontakt med produkterne<sup>17</sup>.

Ved dyre produkter f.eks. entreprenørmaskiner, er der eksempler på at tags kombineres med GPS, hvorved man kan lokalisere produkterne.

### Tilstandsvurdering

Byggematerialer kan være følsomme over for påvirkninger af forskellig karakter. Gipsplader kan f.eks. ikke tåle fugt, og forkerte betingelser under transport eller ved opbevaring kan ødelægge eller reducere produkternes egenskaber. I fødevarerbranchen arbejder man med muligheden for at bruge tags kombineret med sensorer, til at kontrollere for om de rette betingelser har været til stede under transport og oplagring.

---

<sup>15</sup> EAN står for European Article Numbering

<sup>16</sup> Interview med Arne Rask, LOGISYS

<sup>17</sup> Interview med Arne Rask, LOGISYS



## Byggeplads

Byggepladsen er karakteriseret ved at være projektorganiseret med mange aktører og materialer på spil. De nye teknologier kan være med til at forbedre logistikken på byggepladsen, men kan også støtte aktørerne i deres aktiviteter både til gavn for dem selv og de øvrige aktører på pladsen ved at sikre information og vejledning.

### Distribution

Der er meget logistik på en byggeplads. Med Tags kan det blive nemmere at finde de rette elementer til de rette tidspunkter.

Styring af værktøj er et område, hvor der allerede foreligger konkrete erfaringer. Ofte mangler værktøj på pladsen, og det kan give forsinkelser i byggeprocessen på byggepladsen. I dag er der nogle, der bruger stregkoder, men med RFID-teknologi i stedet vil man hurtigt kunne aflæse, om det nødvendige værktøj er til stede og hvis ikke, hvem der har værktøjet. Fordele ved RFID i forhold til f.eks. stregkoder er, at f.eks. en transportkasse ikke behøver at vende på en bestemt måde ved aflæsning, som den gør, hvis det er en stregkode der skal aflæses. Det udsatte miljø i byggeriet betyder endvidere, at det kan være vanskeligt at anvende stregkoder, da de let går i stykker. Tags'ene har længere levetid og rækkevidde. Det er hurtigt at aflæse en RFID, og i forhold til anden registrering spares der mandskab.

### Instruktion

Med tags er der mulighed for, jævnfør tidligere, dels at det enkelte element kan fortælle bygningsarbejderen, hvor det skal sidde f.eks. ved at være koblet til digitale tegninger, dels at formidle vejledninger i håndtering af elementerne på nye måder. f.eks. med video. Dette kan dels hindre fejlplacering og fejlhåndtering af elementer, dels forebygge ulykker i arbejdsmiljøet. Ålborg Portland har afprøvet anvendelse af RFID i forbindelse placering af etage-spænd, hvor det er vigtigt, at de placeres de rigtige steder.

Boing og Airbus vil fremover indføre RFID på alle flydele (eller kræve at underleverandørerne gør det), så de kan holde styr på data for hver del med hensyn til tekniske informationer, vedligeholdelse og eftersynsdata, mv. og også for at holde underleverandørerne op på garanti krav.

Mange af disse overvejelser bør kunne overføres til byggeriet<sup>18</sup>

### Spildreduktion

Der forekommer svind på byggepladser af både maskinel, værktøj og bygningsmaterialer. Ved at bruge tags kan man sætte alarmer op, der reagerer, når materialer eller udstyr fjernes fra pladsen. Endvidere kan maskinel, værktøj og byggemateriale spores tilbage til producent eller byggeplads, hvis f.eks. politiet på et senere tidspunkt er i kontakt med materialerne og/eller udstyret.

Større entreprenørmaskiner er allerede i dag mærket, således at hvis de bliver stjålet, er det nemt på et senere tidspunkt at identificere dem igen.

### Ægthed

Når materialer anvendes, kan man kontrollere for, om det er det forventede materiale, man har modtaget.

## Tilstandsvurdering

Der opbevares ofte materialer på byggepladsen. Med sensorer og RFID kan man kontrollere og efterspore, om materialerne har været opbevaret under de rette betingelser, som led i kvalitetssikring.

## Brug – byggeri

Brugsfasen omfatter drift, vedligeholdelse og egentlig brug fra slutbrugernes side, hvad enten det er erhverv/medarbejdere eller beboere. EL-folk arbejder allerede med alarmsystemer, sikringssystemer, beskyttelse af folk m.m.. og VVS-folk arbejder med ventilation og pumper.

### CTS anlæg

CTS Anlæg benyttes typisk af en varmemester til at danne sig et overblik over systemets tilstand, finde og rette fejl (ofte før de begynder at være kostbare) og optimere driften af systemet, hvilket giver energibesparelser og driftsbesparelser med færre nedbrud til følge. Inddrages moderne teleteknologi vil flere eksperter, ikke nødvendigvis fysisk placeret samme sted, kunne yde bistand til at løse et problem i systemet. Driftsansvarlige vil derved hurtigt kunne løse komplicerede driftsproblemer online og derved spare en eller flere teknikeres support på stedet.

Tekniq, som er installatørernes organisation<sup>19</sup>, peger på at energipriser stiger og mener, at det i sig selv vil drive en udvikling, der vil få betydning både inden for energiområdet og i forhold til komfortområdet (klimaanlæg). Noget af det som Tekniq forventer at se i nær fremtid er energihandel, hvor ejendomme ikke kun er energiforbrugere, men også energiproducenter og energisælgere. Det kan realiseres ved, at større ejendomme får etableret mindre lokale kraftvarmeanlæg, som ud over at være knyttet til energibesparende foranstaltninger også er knyttet til energimarkedet, hvor køb og salg af energi vil ske på baggrund af, hvad der er mest fordelagtigt for den enkelte energiproducent. Mindre energiproducerende enheder kan på den måde komme til at fungere som buffere i samfundets energiproduktion.

CTS anlæggene vil i fremtiden blive i stand til at styre både el-produktion og salg og køb af energi jævnfør ovenstående. Energinet.dk skønnes at have brug for den fleksibilitet decentrale energiproducenter kan skabe og skønnes derfor at ville være med til at fremme den decentrale energiproduktion. Samtidig er der en opfattelse af, at Energinet.dk har de nødvendige resurser.

Derudover vil der stadig være et stigende marked for alarmanlæg og sikringssystemer (tyveri). Terrorbeskyttelse er et nyt felt, hvor der sker en masse udvikling. Mere traditionelt vil der også blive et øget fokus og forbrug af air-conditionssystemer. Det vil være hensigtsmæssigt at tænke installationsmuligheder ind fra starten ved opførelsen af nye bygninger.

I forhold til vand, el og gas er visionen, at automatisk aflæsning og overvågning vil blive standard inden længe, drevet af prisen på vand, el og gas. Med tiden er det oplagt, at IKT benyttes til overvågnings og vedligeholdelsessystemerne og kan fortælle hvor ledningsnettet har skader eller brud.

Tekniq<sup>20</sup> vurderer, at omfanget af CTS-anlæg er hastigt voksende. Der er i dag krav til offentlige bygninger om månedlig aflæsning af vandforbrug og energiforbrug. Flere steder er der gjort klart til en automatisk aflæsning ved, at der er blevet placeret et telefonstik ved siden af målerne.

---

<sup>19</sup> Interview med Søren Rise, Tekniq

<sup>20</sup> Interview med Søren Rise, Tekniq

## Tilstandsvurdering

Der er i dag erfaringer med tilstandsvurdering af bygninger med hensyn til f.eks. fugt og nedbrud. Der er forventninger til at sensorer koblet til trådløs kommunikation f.eks. RFID kan understøtte tilstandsvurderingen.

Ansvar for drift og vedligeholdelse af Øresundsforbindelsen og Storebæltsforbindelsen varetages af Sund og Bælt. I forbindelse med drift og vedligeholdelse af broforbindelserne bruges sensorer til løbende at tilstandsvurdere forskellige parametre, som har betydning for drift og vedligeholdelse af broerne. På Øresundsforbindelsen måles f.eks. løbende om jernet i betonen er ved at ruste (måling af saltkoncentration i betonen), temperaturer, og hvordan broen arbejder. Data samles i dag ind ved hjælp af notes, som er forbundet med ledninger og som kræver en strømforsyning til broen. Data samles op i en datalog, som kan sende data via Internettet<sup>21</sup>. Ved at bruge trådløse netværk kan man dels spare udgifter til kabler og kabeludlægning dels undgå hærværk på det tekniske udstyr.

Vejdirektoratet<sup>22</sup> har ansvaret for motorvejsbroer m.m. Det generelle eftersyn består af tre trin, der forløber efter hinanden afhængig af behov.

- 1 Visuel besigtigelse, hvor det vurderes, om broerne er i orden.
- 2 Generelt eftersyn, hvor broernes behov for reparationer vurderes for en tiårsperiode.
- 3 Særeftersyn i tilfælde af konkrete problemer, hvor formålet er at identificere og analysere problemerne og udvikle strategier for løsning af problemerne.

Vejdirektoratet har erfaringer med overvågning af broer fra forskellige projekter. I forbindelse med en bro, "Vestbroen", blev det besluttet at lade broen nedbryde til et acceptabelt niveau for derefter at erstatte den med en ny. Beslutningen blev taget på baggrund af, at broen var skadet og at en renovering af broen omkostningsmæssigt ville være på linie med at erstatte broen med en ny. Denne beslutning krævede, at man iværksatte en omfattende overvågning af broen med hensyn til nedbrydningsparametre for at kunne følge broens tilstand. Broen har derfor været genstand for udvikling af overvågningsudstyr samt givet rige muligheder for at opnå erfaringer med at afprøve udstyr. Et konkret projekt, som har været iværksat, er SMART monitoring, som er drevet af Rambøll. Rambøll<sup>23</sup> har udviklet et web-baserede monitoringssystem, der kan opsamle, oversætte og præsentere data fra sensorer og dermed give en aktuell tilstandsvurdering af den del af betonkonstruktionen, der monitoreres. Programmer og data vedligeholdes på en server og brugerne har løbende adgang til data via Internettet. Ifølge Rambøll kan brugerne opnå besparelser i forbindelse med vedligeholdelse af betonkonstruktioner ved, at større reparationer kan udskydes i 2-4 år på grund af mere detaljerede information om konstruktionernes løbende tilstand, og større reparationer kan udskydes i 5-15 år ved at kombinerer mindre reparationer og løbende monitoring.

Vejdirektoratet<sup>24</sup> vurderer, at mulighederne er til stede for at optimere vedligeholdelse af broer m.m. med de nye teknologiske muligheder inden for løbende overvågning af konstruktioner. Man kan dog ikke undvære den visuelle besigtigelse, men at den visuelle besigtigelse skal kombineres med brug af løbende overvågning. I forhold til vedligeholdelse af Vejdirektoratets ansvarsområde skelner man mellem små og robuste konstruktioner og mere komplicerede konstruktioner som større broer og tunneler, hvor det er i for-

<sup>21</sup> Interview af Henrik Erndahl og Svend Röttig, Teknologisk Institut

<sup>22</sup> Telefoninterview af Erik Stoltzner, Vejdirektoratet

<sup>23</sup> [www.ramboll.dk](http://www.ramboll.dk)

<sup>24</sup> Telefoninterview med Erik Stoltzner, Vejdirektoratet

hold til de sidste, der kan opnå størst fordele ved brug af løbende overvågning. Det kan f.eks. handle om at løse problemer med adgangsmuligheder, som hvis konstruktionerne er under vand eller praktiske problemer i form af trafikproblemer. Når Tunneler eller broer skal undersøges, vil det ofte kræve, at de bliver afspærret fra trafikken, og det kan være omkostningsfuldt. Vejdirektoratet<sup>25</sup> mener, at det er lettere at installere løbende tilstandsvurdering i forbindelse med nye konstruktioner end i ældre konstruktioner, da man risikerer at påføre dem skader

### Styring af adgangskrav m.m.

I forhold til bygninger kan RFID bruges i forbindelse med adgangskontrol. Der kan være behov for øget adgangskontrol i forbindelse med f.eks. produktion af produkter, der kræver høj sikkerhed. Adgangskontrol kan designes efter behov, og når der er behov for stor kontrol, kan man bruge adgangskortene til at styre medarbejdernes adgang til de forskellige rum samt som sporingsredskab. Et integreret system kan f.eks. sættes til at opsamle data om, hvem der forsøger at komme ind i rummene, hvem der er i rummene og på hvilke tidspunkter, de pågældende handlinger finder sted. S-Card producerer chipkort løsninger til bl.a. kreditkort, adgangskort, simkort til mobil og løsninger til brug i logistik<sup>26</sup>. S-Card bruger selv RFID-teknologi til adgangskontrol på deres egen virksomhed drevet af krav fra kunderne om høj sikkerhed.

Generelt for RFID-teknologien, som S-Card bruger, gælder, at den består af en sender og en modtager. Senderen består bl.a. af en antenne. Modtageren (brikken) får energi fra senderen, når den er i nærheden af senderen, ved at optage energi fra radiostrålingsfeltet, som senderen udsender. Når modtageren på denne måde bliver aktiveret sender den et nummer tilbage til senderen, som registreres m.m. Implementering af RFID-teknologien i bygninger er afhængig af indretning og materialevalg. Teknologien er baseret på trådløs radiokommunikation, hvor rækkevidden er fra 0 – 1-2 meter. Der skal være plads til antenner m.m. de steder, hvor man ønsker at have dem placeret. Da de fleste ønsker, at det skal se pænt ud, ville det være en fordel, hvis bygningselementer, f.eks. karme, på forhånd var indrettet til RFID. RFID er afhængig af materialer omkring dem. De fungerer ikke, hvis der f.eks. er jern i nærheden. For at få systemerne til at fungere optimalt er materialevalget derfor i forbindelse med renovering af bygninger vigtigt. Man kan dog kompensere meget ved at retningsorientere antennen.

RFID kan også bruges til at styre adgangsrettigheder i forbindelse med en bygnings datanetværk og IT-kapacitet.

### Komfort

Anvendelsen af indlejret teknologi til at forbedre varmemeforbrug, luftskifte og luftfugtighed har klare konsekvenser for den oplevede og faktiske komfort. Reduktion af skimmelsvampe vil have en kraftig reduktion i de oplevede ulemper og reducere antallet af sygedag.

### Nye samarbejdsmuligheder med ny teknologi

Herudover lukker den nye teknologi op for, at nye arbejdsredskaber integreres i bygninger og inventar. Arbejdsrum, hvor digitale tavler, vægge og borde alle er indrettet så de fremmer arbejdsgrupper, hvor de enkelte aktører kan bidrage med at skrive eller bearbejde dokumenter og flytte dem rundt mellem bord, tavle og væg. Tavle og vægge er blevet Smartboards, hvor man med fingrene kan betjene skærmen ved direkte berøring med hånd og fingre. Bord og stole er Interactable og CommChair, med skærme bygget ind i

<sup>25</sup> Telefoninterview med Erik Stoltzner, Vejdirektoratet

<sup>26</sup> Telefoninterview med Direktør Steen Rasmussen S-Card d. 10. februar 2006

bordet og med doggingstationer for computere. Det hele bundet sammen via trådløse net.

### Opsamling

De gennemgåede eksempler er på ingen måde dækkende for alle anvendelsesområder indenfor byggeriet, men udgør pejlemærker for en vurdering af, om der er tale om en teknologisk udvikling, der kan bruges aktivt af byggeriet og som genererer besparelser, specielt for offentlige bygherrer.

		Nuværende anvendelse	Fremtidig anvendelse
Produktion af byggematerialer		RFID til produktions-styring Præfabrikerede intelligente installationsdele	RFID til produktions-styring RFID til lagerstyring
Distribution		RFID til at understøtte logistik	RFID og sensorer til at understøtte logistik, herunder svind og ødelæggelse af materialer ved transport og lagring og garanti for ægthed.
Byggeproces		RFID til mærkning af entreprenørmaskiner m.m..	RFID og sensorer til at understøtte logistik, herunder svind af byggematerialer og ødelæggelse af byggematerialer ved transport og lagring. RFID til at understøtte byggeproces med instruktioner m.m. f.eks. med links til hjemmesider hos byggematerialeproducenterne. Sammenkædning mellem det digitale byggeris redskaber, den digitale skurvogn og tags på byggematerialer
Brug	Drift	Lokale CTS-anlæg til styring af energiforbrug m.m.	CTS-anlæg til styring af energiproduktion og energiforbrug koblet til energisystem. Anvendelse af RFID til at sikre korrekt rengøring gennem links til hjemmeside hos producent. Forebyggelse af skimmelsvampe m.m. ved hjælp af overvågning med sensorer m.m.
	Vedligehold	Brug af sensorer til tilstandsvurdering af broer Tilstandsvurdering f.eks. overvågning af fugt	Anvendelse af RFID til at sikre korrekt vedligeholdelse gennem links til hjemmeside hos producent. Brug af trådløst system (RFID og sensorer) til tilstandsvurdering af bygninger.
	Brug	Styring af forhold vedrørende komfort (Lys, temperatur, luftfugtighed)	Anvendelse af indlejret teknologi til at understøtte arbejdsprocesser og nye samarbejdsformer. Styring af lys, varme, ventilation, fugtighed m.v. med CTS, sensorer og RFID.

Tabel 1. Eksempler på indlejret teknologi i byggeriet

## Besparelspotentialer

I beskrivelsen nedenfor gennemgås de potentielle besparelser ved anvendelse af indlejret teknologi. Besparelserne er beskrevet med udgangspunkt i den fase besparelsen vil kunne opnås.

### Produktion af byggematerialer

Det må antages, at forbedring af produktionsstyring kan give anledning til besparelser i de tilfælde, hvor RFID kan understøtte produktionen f.eks. i forbindelse med kundetilpassede produkter.

I de tilfælde hvor RFID kan understøtte intern lagerstyring f.eks. i form af forbedret logistik og automatisk opdatering af lagre må det antages, at der kan opnås tidsbesparelser.

I de situationer, hvor RFID kan understøtte producenterne service hos kunderne ved f.eks. at sikre, at medarbejderne har det rigtige værktøj og de rigtige reservedele med første gang ved service hos kunden, kan der spares tid.

Ved anvendelse af RFID kan kopiprodukter afsløres, og ved reklamation af kopiprodukter kan det opdages.

## Distribution

### *Logistik*

Der er ikke erfaringer med brug af RFID i forbindelse med logistik inden for byggeriet, og derfor er alle tilbageholdende med at komme med bud på besparelser i forhold til byggesektoren. Men fra andre brancher foreligger erfaringer og skøn over besparelser. Teknologirådet<sup>27</sup> oplyser, at Wall Mart, der planlægger at kræve RFID indbygget i produkter fra store leverandører, forventer besparelser på mellem 10 og 30 pct. Metros Future Store I Rheinberg har allerede nedbragt udgifter til lagerstyring med 20 pct. Men der høres også om tal, der er langt mindre, og der er brancher hvor man er gået væk fra at bruge RFID, indtil de bliver mere pålidelige.

Muligheden for besparelse ved anvendelse af RFID i forbindelse med logistik understøttes af erfaringer fra Teknologisk Institut, der arbejder med teknologien på deres RFID-test og videntcenter, Teknologisk Institut<sup>28</sup>. Her peges på, at besparelserne ved brug af RFID er den effektivisering, der kan opnås ved at forbedre logistikken med hensyn til at sikre de rette produkter på rettet sted til rette tid. Det er vores vurdering, at dette gælder hele leverancekæden fra producent, handelsled til byggeplads. Teknologien gør det også lettere at etablere en mere direkte levering fra producent til byggeplads.

### *Garantiforpligtigelser*

Besparelser ved garanti handler både om, at bygherren kan være sikker på, at det er de rigtige produkter/materialer, der er anvendt, og om at producenten ikke stilles til ansvar for produkter, som ikke er hans. Ved reklamation på f.eks. kopiprodukter kan det opklares.

På længere sigt kan man tænke sig, at synlighed omkring produkternes historie kan være med til at reducere priser knyttet til garantiforpligtigelser. Fra forsikringsverdenen er der eksempler på, at forebyggelse af færdselsulykker

<sup>27</sup> Telefoninterview med Frederick Nelsson, Teknologirådet

<sup>28</sup> Telefoninterview med Peter Skovborg, RFID-test og videntcenter, Teknologisk Institut.

og/eller øget dokumentation af hændelsesforløb i forbindelse med ulykker har været med til, at forsikringspolicer har kunnet forhandles ned.

## Byggeplads

### *Logistik på pladsen*

Forbedring af logistikken gælder ikke kun i forholdet mellem producent af byggemateriale eller handelsled og byggepladsen. Men det gælder også logistikken på den enkelte byggeplads. Automatisering af afkald og just in time leverancer kan lettere etableres.

### *Tid*

Hvis RFID bliver indført kan det give tidsmæssige besparelser, vurderer flere virksomheder, herunder Dalton Betonelementer<sup>29</sup>. Dette er både på grund af mere effektiv logistik, men også pga. bedre instruktioner m.m..

### *Reduktion i svind*

Svind af byggematerialer og værktøj/maskiner m.m. under transport og på byggeplads kan reduceres, da hvert produkt, der findes, kan spores tilbage til oprindelse. Dette kan reducere udgifter til materialer og værktøj/maskiner.

### *Forbedring af arbejdsmiljø og reduktion af ulykker*

En reduktion i arbejdsulykker vil altid være ønskværdigt for medarbejdere, ledere osv. i bestræbelserne på at skabe et godt arbejdsmiljø. På det samfundsmæssige niveau kan en reduktion i arbejdsulykker derudover spare samfundet for udgifter forbundet med arbejdsulykker.

## Brug

### *Rengøring og daglig vedligeholdelse*

I forbindelse med rengøring eller vedligeholdelse af materialer kan man med RFID kobles fra elementet til en hjemmeside hos producenten, der kan sikre gennem opdaterede instruktioner, at elementerne bliver rengjort og vedligeholdt rigtigt. Dalton Betonelementer<sup>30</sup> vurderer, at vedligeholdelse med de rigtige rengøringsmidler vil udskyde renoveringstidspunktet for f.eks. en betontrappe, da forkerte rengøringsmidler ofte kan ødelægge overfladen på betonen. Dette ses ofte i forbindelse med en renovering.

### *Besparelser ved brug af RFID og sensorer til tilstandsmåling*

Der er flere typer besparelser ved anvendelse af løbende trådløse overvågningssystemer, som kan være relevante. Eksemplerne fra denne undersøgelse peger på følgende muligheder:

- Brug af trådløse enheder til overvågning kan reducere udgifter til kabler og kabelføring samt udgifter til genoprettelse af netværk m.m. ved hærværk.
- Brug af løbende tilstandsovervågning kan give mulighed for at planlægge vedligeholdelse af konstruktioner på et detaljeret grundlag og derved kan vedligeholdelsesindsatsen optimeres med hensyn til, hvordan og hvornår det økonomisk bedst kan betale sig at reparere m.m.
- Brug af løbende tilstandsovervågning på komplicerede konstruktioner kan forbedre muligheden for løbende overblik over konstruktionernes tilstand

<sup>29</sup> Telefoninterview med Erling Holm, Dalton Beton elementer

<sup>30</sup> Telefoninterview med Erling Holm, Dalton Betonelementer

og derved også bedre muligheder for at vedligeholde konstruktionerne på en hensigtsmæssig måde<sup>31</sup>.

#### *Besparelser ved bedre styring af energi*

Der er kommet krav i Bygningsreglementet om bedre energibesparelser på små-husområdet, hvor der på sigt skal spares 25 pct. Kommunerne kan nu stille krav om måling af luftudskiftning og dermed eftervisning af bygningers tæthed. En vigtig indsats handler om tættere huse, der vil reducere energitabet betydeligt. Men tættere huse betyder også øget behov for kontrolleret luftskifte – dvs. bedre ventilation og genvinding af energien af udgående luft. Det er Tekniqs<sup>32</sup> opfattelse, at der vil være store potentialer for besparelser, hvis energipriserne stiger yderligere. I øjeblikket vil en del af det der spares på genvinding, skulle anvendes til anskaffelse og vedligehold af ventilations og genvindingsudstyr. Indlejret teknologi kan gøre koblingen mellem genvinding, varmeproduktion og personophold mere målrettet og yderligere øge potentialerne for besparelser.

Energimæssig er der yderligt et besparelspotentiale, hvis avancerede CTS systemer i fremtiden både kan styre luftskifte, energiforbrug samt køb og salg af energi fra store og mellemstore bygningskomplekser. Bygningsejerne bliver potentieller energileverandører. Det betyder en yderligere tendens til energioptimering, hvilken også skulle give et besparelspotentiale. En del af sådanne besparelser vil imidlertid være på samfunds niveau – og ikke på bygherre niveau.

#### *Kvalitet – merværdi*

Øgning af komfort vil ofte være en øgning af kvalitet i det produkt, som bygningen udgør. For private bygherre vil dette ofte være et vigtigt element, da prisen for brugen af bygningen vil kunne afstemmes hermed. Bygningens salgbarhed eller udlejningspotentialer kan forbedres betydeligt.

For offentlige bygherre gør de samme forhold sig ikke altid gældende. Øget kvalitet knyttet til brugen af bygningen resulterer ikke altid i en øget rentabilitet i investeringen.

---

<sup>31</sup> Telefoninterview med Erik Stoltzner, Vejdirektoratet

<sup>32</sup> Telefoninterview med Søren Rise, Tekniq



## Opsamling

I tabellen nedenfor er besparelspotentialerne ved brug af indlejret teknologi i byggeriet samlet for alle faserne for at give et overblik.

Faser	Besparelspotentialer ved:
Produktion af byggematerialer	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimering af produktionsstyring ved f.eks. kundetilpassede produkter</li> <li>– Optimering af lagerstyring</li> <li>– Optimering af serviceydelser i forbindelse med brug hos slutbrugeren</li> <li>– Påvisning af kopiprodukter og ved reklamation af kopiprodukter kan det opdages.</li> </ul>
Distribution	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimering af logistik</li> </ul>
Byggeplads	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reduktion af svind i forhold til byggematerialer, værktøj m.m. pga. muligheder for sporing</li> <li>– Optimering af arbejdsprocesser ved hjælp af bedre vejledninger og instruktioner</li> <li>– Reduktion af arbejdsulykker</li> </ul>
Brug	<p><i>Vedligeholdelse</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Udskydelse af renoveringstidspunktet muliggjort ved korrekt rengøring og vedligeholdelse</li> <li>– Reduktion af forbrug og vedligeholdelses af kabler ved brug af trådløse enheder til overvågning af konstruktioner m.m.</li> <li>– Optimering af vedligeholdelsesindsatsen med hensyn til hvordan og hvornår det økonomisk bedst kan betale sig på baggrund af data fra løbende tilstandsvurdering</li> </ul> <p><i>Drift</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimering af styring af energi, ventilation og genvinding</li> <li>– På sigt optimering af styring af luftsifte, energiforbrug, samt køb og salg af energi fra store og mellemstore bygningskomplekser</li> </ul> <p><i>Brug</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Øgning af komfort vil ofte tilføre bygningen en merværdi</li> </ul>

Tabel 2. Oversigt over besparelspotentialer ved brug af indlejret teknologi i byggeriet fordelt på faser.

## 5. Offentlige bygherrer og indlejret teknologi

Offentlige bygherrer kan anses for at have en særlig rolle som udviklingsagenter i forhold til indlejret teknologi. En forudsætning er, at der er klare fordele forbundet med en øget anvendelse af indlejret teknologi. Er sådanne fordele ikke synlige for bygherrerne, vil det ikke være gennem deres beslutninger eller medspil, at der vil ske en øget vækst i anvendelsen af teknologien. I så fald skal initiativet ligge hos andre af byggekædens aktører, dvs. byggematerialeproducent, distributør, entreprenør, driftherre eller hos slutbrugeren. I denne undersøgelse er imidlertid særlig set på bygherrers opfattelse af muligheder og begrænsninger ved indlejret teknologi.

De potentialer, undersøgelsen har identificeret, er blevet præsenteret for i alt 5 nøglepersoner fra statslige, kommunale og almene bygherrer. Efterfølgende er de blevet interviewet med henblik på at få deres reaktioner og vurderinger på de konkrete scenarier og besparelspotentialer.

Generelt viste interviewene, at skal offentlige bygherrer have en interesse for indlejret teknologi i byggeprocessen fra produktion af byggematerialer over distribution til arbejdet på byggepladsen, skal det primært være, fordi teknologien understøtter og forbedrer kvalitetssikring af byggeriet. Den potentielle omkostningsreduktion, der er forbundet med en anvendelse af indlejret teknologi i disse processer, kan være en væsentlig faktor, hvis byggeprisen skal reduceres, men flere er skeptiske i forhold til om omkostningsreduktionen i praksis vil nå ud til bygherren, men i stedet alene tilfalde leddene før, dvs. byggematerialeproducenter, distributører og de udførende.

### Produktion af bygningsmaterialer og distribution

KAB<sup>33</sup> vurderer, at der kan være fordel ved teknologien, hvis den kan forbedre kvalitetssikringen i forhold til byggematerialernes tilstand. Alle ved f.eks., at gipsplader ikke kan tåle fugt, men det sker alligevel, og det kan få betydning for bygningernes tilstand senere.

Slots og Ejendomsstyrelsen<sup>34</sup> vægter, at logistikken kan forbedres med hensyn til materialestrømme hos leverandøren og på byggepladsen. Ved bedre logistik kan man sikre, at materialerne først kommer på pladsen, når de skal bruges. Derved kan spild reduceres, og man har bedre styr på, hvor tingene er. Samtidig kan tags give en større sikkerhed ved indkøb af materialer. Hvis materialerne ligger hos leverandøren, og leverandøren går konkurs, kan teknologien bruges til at fastslå ejerskabet og derved hindre, at bygherres indkøbte materialer indgår i konkursboet.

I Esbjerg Kommune ses det som en fordel at kunne stille krav om indlejring af RFID i visse typer af bygningskomponenter<sup>35</sup>. Man vurderer, at tags med informationer om producent, produkttype og løbenummer kan forebygge svindel med varer. Det er specielt interessant med varegrupper, der er svære at udskifte og svære at identificere, og dermed kvalitetssikre i forhold til udbud og accepteret tilbud og levering. Det kunne være vinduer med specielle coating eller termoruder med specielle arter af gas fyldt mellem ruderne. Det vil være forbundet med store omkostninger, hvis man efterfølgende skal

<sup>33</sup> Telefoninterview med Torben Trampe, KAB

<sup>34</sup> Telefoninterview med Jan Q Rasmussen, Slots- og Ejendomsstyrelsen

<sup>35</sup> Telefoninterview med Poul Larsen, Esbjerg Kommune.

udskifte sådanne bygningskomponenter. RFID vil kunne hjælpe med til, at bygherren kan sikre sig, at den vare, der leveres, også er den vare, der er købt.

## Byggeprocessen

Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger<sup>36</sup> peger på, at kommunerne får nye opgaver med den nye kommunalreform. De tekniske forvaltninger skal i højere grad til at kontrollere selve kvaliteten af byggerierne – f.eks. om de tekniske beregninger er i orden og føre kontrol med, om byggematerialerne er CE mærket. Der kommer derfor til at ligge en stor opgave, når standarderne er færdige i EU. Hvordan fører man kontrol med om byggematerialer er CE mærket? Hvis tags på bygningselementer f.eks. havde indlæst om de var CE mærket, kunne det både blive mere sikkert og nemmere for kommunerne i deres kontrol af byggeriet. I Statens Forsknings og Uddannelsesbygninger er kvalitetssikringsarbejdet om anvendelse af kvalitetsmærkede byggevarer i dag overladt til rådgivere.

Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger ser muligheder i indlejret teknologi, hvis teknologien spiller sammen med den digitale verden med 3D-modeller m.m.. Det kan være ved at tage sene kan være med til at koble den materielle verden sammen med den digitale verden, således at f.eks. et element kan sige: "Jeg sidder her på tegningen".

## Drift og brug

### *Vedligeholdelse og tilstandsvurdering*

Alle bygherrerne i undersøgelsen har ansvaret for bygningernes vedligeholdelse. Slots- og Ejendomsstyrelsen<sup>37</sup> peger på, at i forhold til vedligeholdelse vil et direkte link til producenten med henvisninger til, hvordan produktet skal bruges, sikre præcis den vedligeholdelse, som produktet er tiltænkt. Det kan godt være svært i dag at sikre korrekt vedligeholdelse.

KAB<sup>38</sup> vurderer, at der er behov for at forbedre dokumentationsmateriale for den nyere bygningsbestand. Ved gamle bygninger fra før 40'erne kendte man til bygningernes konstruktioner, og det var forventeligt, hvad der viste sig bag facaderne. Det er det ikke mere. I dag kan man ikke på samme måde bruge sine tidligere erfaringer, men er henvist til skriftlige eller anden nedfældet dokumentation om bygningernes konstruktioner m.m., og det har skabt et større behov for hele dokumentationssiden. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at få let adgang til informationer om en bygnings historie, materialer, konstruktion, få oplysninger om vedligeholdelse, etc.

I dag har man allerede informationer f.eks. på papir og computer, som ligger til grund for den løbende planlægning af drift og vedligeholdelse. Men der peges på, at der nok ikke altid er styr på papirerne og dokumentationen, og at man derfor kan have glæde af chips, som løbende bliver opdateret og som er lette at aflæse. Men det er vigtigt, at teknologien også tilfører noget nyt. Det vil være interessant for KAB som bygherre og udlejer, hvis teknologien kan indlejres i byggeriet og kobles til CTS, og således løbende give informationer om bygningernes tilstand, f.eks. om fugt, indeklima, skimmelsvampe, konstruktioners tilstand m.m. Hvis teknologien kan bruges til at forebygge problemer ved at pege på problemet, før det udvikler sig, vil teknologien tilføre noget nyt. Det er svært at sige noget generelt om besparelserne ved sådanne muligheder, da de er knyttet til enkeltssager. Der har f.eks. været en sag, hvor badeværelser i en bebyggelse blev renoveret for 800 mil-

<sup>36</sup> Telefoninterview med Peter Birk Hansen, Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger

<sup>37</sup> Telefoninterview med Jan Q Rasmussen, Slots og ejendomsstyrelsen

<sup>38</sup> Telefoninterview med Torben Trampe, KAB

lioni kroner. Hvis det havde været muligt, at opdage det noget før, havde det måske kun kostet 100 millioner kroner at reparere det.

Tilstandsvurdering har også stor interesse for Lejerbo<sup>39</sup>. Indbygning af sensorer til tilstandsvurdering af bygninger med hensyn til f.eks. fugt og svamp vil være attraktivt som led i at forebygge problemerne. En sensor koblet til trådløs kommunikation f.eks. RFID ville kunne understøtte tilstandsvurderingen. Den foretages i dag manuelt, men med løbende tilstandsvurdering vil vurderingerne kunne gøres mere ensartede. Lejerbo forestiller sig ligefrem at resultaterne fra sensorerne kunne gå direkte til en rådgiver med ansvar for vedligeholdelsen af kritiske bygningsdele.

Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger peger på, at indlejret teknologi kan tænkes som et redskab til at styrke kvalitetssikring i forbindelse med en bygnings cyklus ved, at tags f.eks. holder liv i bygningernes historie. I den forbindelse er det for snævert og for lidt holistisk kun at tænke på eget arbejde. Det kan f.eks. være relevant for lejere at kende til bygningernes historie, hvis lejer skal vurdere en ny anvendelse. Så spiller historie i form af bygningens egenskaber en væsentlig rolle. Hvis f.eks. lejerne i et laboratorium ønsker at arbejde med stærke syrer er det hensigtsmæssigt med vinylgulve. I en sådan situation ville det være optimalt, hvis man kunne få informationer om gulvets historie (hvad er det for et gulv, hvilken årgang og hvordan er det blevet vedligeholdt?) i forbindelse med planlægning af lokalets brug.

### *Energi*

CTS anlæg er velkendt for alle de interviewede bygherrer og der forventes en naturlig videreudvikling af teknologien. Fokus på teknologien og dens besparelspotentialer er dog afhængig af, om bygherren står med driftansvaret og derved mulighed for at arbejde strategisk med økonomiske besparelser på tværs af investering og drift.

Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger<sup>40</sup> peger på, at CTS anlæg kan komme til at spille en rolle i forbindelse med det nye energiregulativ, hvor kommunerne skal til at kontrollere, om huse er tætte. Når man bygger meget tætte huse, kan det give øget fugt og indeklimaproblemer, og det kan øge behovet for overvågning af fugt og indeklima for at forebygge problemer.

Lejerbo<sup>41</sup> vurderer, at der er en mulighed for at bruge RFID til at styre energiforbrug i en bolig ved at registrere, hvornår beboerne er til stede, og derefter regulere varmen ud fra beboernes (individuelle) behov. Det vil samtidig kunne bruges til at skabe et bedre indeklima. Også styring af udstyr (tv, computere, køkkenredskaber etc.), der skal tændes, slukkes etc. ville være en mulighed til forbedring af boligens brug. Der peges på, at specielt overordnede styringsmekanismer vil være til gavn for marginaliserede beboere, som Lejerbo har en del af. Med marginaliserede beboere skal forstås beboere med en anden brug af boligen end traditionelt forstået. Forkert brug af boligen koster Lejerbo mange penge hvert år til reetablering af faciliteter og reparationer i lejligheder.

Indlejret teknologi anvendt til at forbedre varmekonsum, luftskifte og luftfugtighed kan have klare konsekvenser for den oplevede og faktiske komfort. Reduktion af skimmelsvampe vil have en kraftig reduktion i de oplevede ulemper og forskellige former for sygdomme.

<sup>39</sup> Telefoninterview med Klaus Andersen, Lejerbo

<sup>40</sup> Telefoninterview med Peter Birk Hansen, Statens Forsknings og Uddannelsesbygninger

<sup>41</sup> Telefoninterview med Klaus Andersen, Lejerbo

### *Kapacitetsplanlægning*

Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger<sup>42</sup> peger på, at der i dag ofte mangler et løbende overblik over brug af bygningerne i forhold til bygningernes kapacitet. Den enkleste måde at spare ressourcer på er at reducere antallet af kvadratmeter, hvis der stor ledig kapacitet. En undersøgelse lavet af PLS Consult for nogle år siden viste, at der er stor forskel på, hvor meget de studerende befinder sig på de forskellige uddannelsesinstitutioner, og det har naturligvis betydning for udnyttelsesgraden af bygningernes kapacitet. Hvis man f.eks. kan sætte følere og tags i stole eller døre til rummene og derved få et løbende overblik over brugen af de forskellige lokaler, kan man lave en bedre planlægning af brugen af lokalerne i forbindelse med skema-lægning/lokalebelægning og derved måske opnå besparelser.

---

<sup>42</sup> Telefoninterview med Peter Birk Hansen, Statens Forsknings og Uddannelsesbygninger

## 6. Barrierer og muligheder

I dette kapitel ses på de barrierer, der stiller sig i vejen for en udnyttelse af indlejret teknologi i byggeriet. Barriererne knytter sig til de forskellige aktører – brugere og udviklere.

Der ses først på selve frembringelsen af byggematerialer, derefter på distributionen af byggematerialer og slutvis på selve opførelsen af byggeriet. Aktørerne findes således indenfor byggematerialeproducenter, handels-og distributionsled samt entreprenører.

Derefter fokuseres på bygherrerne, der kan have en nøgleposition, fordi det er dem, der bestiller og betaler byggeriet. Dermed kan de potentielt stille krav til, hvad byggeriet skal indeholde – også i form af indlejret teknologi.

Endelig ses på forskning. Hvad karakteriserer den forskning, der er i gang i forhold til en anvendelse i byggeriet – og er der barrierer i forskningen, der stiller sig i vejen for en målrettet udvikling af en anvendelig teknologi, set fra byggeriets side.

I et afsluttende afsnit fremstilles forslag til initiativer, der kan fremme en tættere sammenkobling mellem forskning og byggeri med henblik på en udvikling af teknologiske løsninger, der sigter mod byggeriet – og som kan fremme en øget anvendelse af indlejret teknologi.

### Barrierer og muligheder i opførelsen af byggeriet

Aktører i opførelsen af bygninger er her producenter af indlejret teknologi, byggematerialeproducenter, distributører og de udførende i selve byggeprocessen.

De interviewede aktører er som før skrevet udvalgt, fordi de har gjort sig overvejelser om teknologien og/eller har konkrete erfaringer med teknologien, enten direkte i byggebranchen eller inden for andre brancher. De interviewede personer udgør derfor repræsentanter for de aktører i feltet, som må anses for at være længst fremme i deres overvejelser og strategier for udvikling og implementering af indlejret teknologi.

Antagelsen er, at den pågældende aktørgruppe, er dem som skal udvikle, tilpasse og implementere teknologien, i praksis vil være motiveret af enten fordele hos aktøren selv eller forventninger om markedsfordele enten pga. direkte krav fra kunder eller forventning om fremtidige krav på området.

Det overordnede billede af innovationsprocessen er, at mange af aktørerne i byggebranchen er tilbageholdende og afventende med at implementere indlejret teknologi i form af RFID og sensorer pga. usikkerhed om teknologien, og manglende klarhed om indflydelse på deres eget markedspotentiale, herunder i samhandlen mellem virksomhederne. Usikkerheden er bl.a. manglende afklaring af behovene fra de andre led i byggekæden, som har betydning for hvordan teknologien skal udformes og implementeres m.m.. Initiativerne er derfor spredte, og mange giver udtryk for interesse for at deltage i en afklaringsproces.

Hvor RFID og sensorer er knyttet til byggeriet i alle dets faser, er CTS-anlæg alene knyttet til brugsfasen. CTS-anlæg er allerede taget i anvendelse og udviklingsprocessen handler i højere grad om at fortsætte udviklingen samt evt. integrere nye muligheder, som f.eks. er de muligheder, der kan opstå med brug af RFID og sensorer.

Omdrejningspunktet for dette afsnit er de barrierer og muligheder aktørerne ser for udviklingen af indlejret teknologi i byggeriet, og deres potentialer for at drive udviklingsprocessen.

## Teknologi

### *Standardisering*

Standardisering er af afgørende betydning, når forskellige typer af teknologier skal kunne kommunikere med hinanden. I forhold til byggebranchen er der behov for at udforske, hvilke behov der er for teknologisk infrastruktur og krav til standarder, for at de kan opfylde de forskellige behov i de forskellige faser: Produktion, distribution, byggeproces og brug.

Standardiseringsarbejdet indenfor RFID teknologien i forbindelse med logistik siden har i høj grad kunnet bygge videre på det arbejde og de erfaringer, der var opnået indenfor streg-kode teknologien, og arbejdet er derfor allerede langt. I dag er der en de facto standard i Europa og USA – og man nærmer sig en de facto standard på verdensplan. I forbindelse med stregkoder er det lykkedes at opbygge globale standardiseringer.

Generelle vanskeligheder vedrørende standardisering i forhold til RFID er fastlæggelse af frekvensområder og sendestyrke. Der har allerede udviklet sig tradition for anvendelse af forskellige frekvensområder til forskellige typer af opgaver (kommunikation) indenfor de forskellige telestyrelser geografiske områder, og det har givet vanskeligheder med at finde frekvensområder. Sendestyrken fra RFID er endnu ikke standardiseret. Der er forskellige regler i de forskellige lande om, hvor meget sendestyrken må være. Man arbejder i DK i øjeblikket med 2 Watt, hvilket tillader en radiotransmitteret kommunikation på et par meter. Mindre sendestyrker reducerer afstanden betydeligt.

Der er forskellige klasser for anvendelse af tags, hvortil der er knyttet forskellige standarder. De standarder, der i dag er udviklet, er passive tags til anvendelse i forbindelse med logistik, hvor formålet er at kunne identificere producent og produkt.

Der arbejdes i øjeblikket på en standard for tags i klasse 4, hvor der er mulighed for at lagre flere informationer, f.eks. om tilstandsforhold under transport.

PRIWAY<sup>43</sup> peger på et sikkerhedsproblem vedrørende selve administrationen af stregnummeringskoderne, som er aktuelt afhængig af, hvad RFID skal bruges til. Når man skal bruge et nummer, skal man købe det hos EPC (Electronic Product Code), hvor numrene bliver lagt i en central database. Hermed mener PRIWAY, at der er skabt et nyt sikkerhedsproblem. En central database med store mængder af værdifuld information vil let kunne blive udsat for åbningsforsøg. Der peges på, om det er i europæisk interesse at styrke denne amerikanske database, og det er PRIWAYs synspunkt, at der er et behov for mere transparens og mindre monopolisering.

### *Fleksibel standardisering*

Identifikationsnumrene – koderne – skal måske være mere fleksible – dvs. rette sig mod forskellige brugssituationer – en form for fleksibel standardisering.

*Interaktion med vejledninger, instruktioner m.m.*

Standarderne i dag har ikke et IP-nummer (identifikationsnummer, som til en PC), hvilket betyder, at man ikke kan linkes direkte til en computer/hjemmeside ved aflæsning. Informationer, der lægges i en tags, der følger standarderne, er et producentnummer og et produktnummer. Hvis man skal linkes til en hjemmeside, skal man derfor kende adressen eller adresseres på anden måde<sup>44</sup>. Hvis tags skal kunne bruges mere interaktivt f.eks. i forbindelse vejledninger og instruktioner på byggepladser, er der derfor behov for tilpassede standarder.

*Gab mellem udvikling i kommunikationsteknologi og tekniske/fysiske elementer*

Bygninger m.m. er karakteriseret ved at have en lang levetid, mens it-udstyr m.m. er karakteriseret ved hurtig udvikling og hurtige overgange til nye generationer. Det kan give problemer i forbindelse med f.eks. overvågning af energianlæg og tilstandsvurdering ved hjælp af sensorer m.m.

Grundfos<sup>45</sup> lokaliserer den største barriere for CTS anlæg som forholdet mellem tekniske komponenter med lang levetid og de flygtige styringsprogrammer. Et CTS anlæg består af en række tekniske komponenter som eksempelvis pumper og computere med IT-styringsprogrammer. De tekniske komponenter som pumper har typisk en lang levetid afhængig af komponenttypen, medens IT-styringsprogrammer typisk har en flygtig levetid. Styringsprogrammer udvikles i samme takt som øvrige datakommunikationssystemer og gerne på forkant af det måske mulige. Grundfos vurderer derfor, at det er nødvendigt at udviklingen af det teknisk tunge og det teknisk flygtige udstyr finder sted på basis af et fælles grundlag. Fælles standarder indenfor tekniske komponenter fordelt over et større anvendelsesområde kan med fordel bindes sammen i et grundlæggende fælles signalsystem, for at anlægget også kan virke efter udvidelser og renoveringer af systemet, en form for fremtidssikring af et anlæg<sup>46</sup>. De arbejder i øjeblikket på at løse problemet med gabet i et EU-projekt, hvor de arbejder med en ide om at etablere en ny aktør på markedet, der som forretningsområde, skal arbejde med at bygge bro mellem områderne.

*Sikkerhed*

Hvis konkurrenter kan følge en virksomheds indkøb og investeringer kan de få informationer om nogle af dens centrale konkurrenceparametre.

Virksomheden, RFIDsec, arbejder med sikkerhedsproblematikken ved ikke-personrelateret forhold i forbindelse med RFID teknologien<sup>47</sup>, mens PRIWAY har fokus på de personorienterede sikkerhedsforhold<sup>48</sup>. RFIDsec er i gang med at udvikle en chips, der har indbygget sikkerhed, der svarer til det en PC har mht. brugernøgler. Den kan være differentieret – hvor forskellige typer af brugere har adgang til forskellige former af data. Fordelen er, at når dataene er sikre, kan man også begynde at lægge flere informationer ind. RFIDsec er i gang med pilot forsøg. Et kommercielt produkt forventes på markedet i begyndelsen af 2007.

Det vurderes, at denne problemstilling også er relevant for byggeriet. En producent af bygningstage afprøvede tidligere RFID i sine tagprodukter, men gik ikke videre med anvendelsen, da tag'sene ikke kunne klare varmen ved tagpålægning, men også på grund af manglende datasikkerhed. Den manglende datasikkerhed gjorde at producenten frygtede, at konkurrenter kunne

<sup>44</sup> Interview med Arne Rask, LOGISYS

<sup>45</sup> Interview med Thorkild Kvisgaard, Grundfos

<sup>46</sup> Interview med Thorkild Kvisgaard, Grundfos

<sup>47</sup> Telefoninterview med Mikkel Winther, RFIDsec

<sup>48</sup> Interview med Stefan Engberg, Priway og RFID sec



aflæse produktdata om taget, hvem der havde lagt det osv. De ikke tilsigtede muligheder i forbindelse med tags kan illustreres med forhold ved mobiltelefonen. Ud over at den enkelte mobiltelefon kan bruges af den enkelte person, indeholder den også en masse informationer om personens brug og færden. Potentielt kan dette endvidere bruges kommercielt, således at reklameskilte aktiveres når telefonbæreren er i området. Vejskilte kan give informationer, når bestemte biler passerer osv. Et analogt eksempel er når tyve søger B&O udstyr ved at se hvilke TV m.m. der tænder, når de fra vejen lukker op via fjernbetjening.

Bilbranchen er langt fremme, de bruger tags til at styre robotter undervejs og til sidst erstattes den med et stelnummer. LOGISYS<sup>49</sup> mener ikke, at byggeriet på samme måde endnu er modent til brug af teknologien/RFID. Det er en udvikling, der er startet, men den skal modnes.

### Teknologiskift på virksomhedsniveau

Der findes mange steder lukkede systemer i byggebranchen. Hvis man vil handle internationalt skal systemerne opbygges, så de kan kommunikere med og på tværs af virksomheder. Trælasthandlernes Tun-numre er et dansk system og et eksempel på et lukket system. Problemet ved at skifte fra et system til et andet er, at det ofte vil kræve store ændringer i den eksisterende IT-plattform og i bogholderirutiner. Nogle betalingsformer i byggeriet er f.eks. opbygget omkring TUN-numre<sup>50</sup>.

### Samarbejde og innovation i værdikæden

I analysen af anvendelsesmulighederne i de forskellige faser er det blevet tydeligt at byggeriets forskellige aktører – fra byggeproducenter, over distributører og udførende, til bygherrer, driftherre – og slutbrugere – har forskellige krav til, hvad teknologierne skal kunne. Det sætter fokus på behovet for en dialog på tværs af disse aktører overfor udviklere og producenter af den indlejrede teknologi. I undersøgelsen er der flere, der efterspørger aktiviteter, der kan være med til at synliggøre de forskellige behov og muligheder i kæden.

Dalton Betonelementer<sup>51</sup> vurderer, at der i forbindelse med implementering af RFID vil være mange introduktionsomkostninger forbundet med implementeringen bl.a. til ændring af arbejdsgange. Tiltaget kræver derfor en koordinering, da det er for dyrt og usikkert for den enkelte byggematerialeproducent m.fl. at tage et initiativ på området. Det vurderes, at RFID i en eller anden form vil blive taget i anvendelse om nogle år, men at det ikke kommer til at ske før kravet kommer fra byggeherreerne. Dalton Betonelementer har f.eks. som producent ikke selv stor interesse i teknologien og vil få flere udgifter ved at bruge den. De kan bruge den i forbindelse med lagerstyring, men det er ikke tilstrækkeligt til, at de vil indføre teknologien lige nu. Det er vurderingen, at status er, at det er muligt at sætte RFID på elementer, men der skal være en modtager i den anden ende, før det er interessant.

ICOPAL<sup>52</sup> vurderer, at teknologien vil have en langsom adoptions hastighed. Når en teknologi har en stor kommerciel betydning inden for et afgrænset led i en kæde, vil den hurtigt tages i anvendelse. Dette er ikke tilfældet for ICOPAL i forhold til RFID, men de forventer, at RFID vil få betydning i byggebranchen som helhed på sigt. Derfor er de også interesseret i RFID og interesseret i at høre om andre interessenters interesse i og behov for RFID. Hvilken interesse og behov for RFID har f.eks. byggemarkederne, de store

<sup>49</sup> Telefoninterview med Arne Rask, LOGISYS

<sup>50</sup> Interview med Arne Rask, LOGISYS

<sup>51</sup> Telefoninterview med Erling Holm, Dalton betonelementer

<sup>52</sup> Telefoninterview med Janus Pagh, ICOPAL

entreprenørvirksomheder og slutbrugerne? Det kan være en udvikling, hvor hele linien/branchen er nødt til at omstille sig til teknologien. Virksomheden forventer, at der snart kan komme krav fra byggemarkeder som Bauhaus og Silvan og/eller de store entreprenørvirksomheder som NCC og Skanska. De kan bruge RFID til styring af vareflow og i forbindelse med reklamationer/garantiordninger. På byggepladserne kan RFID bruges i forbindelse med sikkerhedsmæssige og styringsmæssige aspekter.

Virksomheden PRIWAY<sup>53</sup> foreslår, at man i Danmark etablerer et demonstrationsprojekt for brug af RFID m.m. i byggeriet, da både behovet og forudsætningerne for et sådan projekt er til stede. Det vil give udviklingsprocessen en ramme, udnytte Danmarks fordele som et samfund med høj grad af IT-bruger-kompetence, samt bidrage til udvikling af byggeriet.

## Offentlige bygherrer som forandringsagenter

Offentlige bygherrer kan ses som en central aktør i forbindelse med udvikling og implementering af indlejret teknologi i byggeriet. Antagelserne er, at offentlige bygherrer kan være med til at drive innovative processer i byggeriet, dels som markedsagenter ud fra almindelige markedsbetingelser, dels som forandringsagenter ved f.eks. at stille krav til byggeriet.

I undersøgelsen er det antaget, at offentlige bygherrer vil efterspørge indlejret teknologi i bygninger og bygningsdele, hvis det forventes, at teknologien vil medvirke til besparelser for de offentlige bygherrer. I undersøgelsen er det blevet synligt, at offentlige bygherrer ser en række fordele ved indlejret teknologi og muligheder for besparelser for offentlige bygherrer og for byggeriet som helhed, men også at de som offentlige bygherrer er begrænset af den rolle og de muligheder de har. Det får betydning for deres rolle som markedsagent og derved deres rolle som markedsinnovatør.

I dette afsnit beskrives dette forhold gennem en række dilemmaer, der er blevet synlige i undersøgelsen.

Offentlige bygherrer er ikke en homogen gruppe, hvilket kommer til udtryk i forskelle i fokusområder og handlemuligheder.

I undersøgelsen er det blevet synligt, at en markedsmodning af indlejret teknologi i byggeriet forudsætter udvikling og enighed om en fælles teknologiplatform på tværs af byggeriets aktører (producenter af bygningsdele, distributører, entreprenører, driftmedarbejdere, brugere, bygherrer m.fl.) for at sikre en optimal udnyttelse af teknologierne i byggeriet. Teknologierne er på mange måder udviklet og klar til at blive sat sammen på kryds og tværs - kun afgrænset af forestillinger om anvendelsesmuligheder, men der mangler en fælles dialog om behov og løsninger.

Således er CTS anlæg allerede på markedet, og indsatsen er rettet mod at forbedre og videreudvikle konceptet. I forhold til RFID og sensorer/MEMS er teknologierne i dag mere eller mindre kendt i byggesektoren, men de konkrete løsninger og dermed potentialer skal udvikles specifikt i forhold til de forskellige målgruppers behov. Denne proces er endnu i sin vorden.

Undersøgelsen peger derfor på, at skal byggesektoren udnytte teknologiernes fulde potentiale i hele byggeriets livscyklus, er der behov for et samspil på tværs af byggeriets enkeltaktører for at sikre en fælles teknologiplatform.

---

<sup>53</sup> Telefoninterview med Stefan Engberg, PRIWAY og RFID sec.

## Det ufærdige produkt kontra det færdige produkt

Innovative processer, hvor teknologier modnes og udvikles er præget af stor usikkerhed (f.eks. i form af manglende standarder og mangelfuld beskrivelse af funktion og egenskaber) og mulighed for forhandlinger om løsninger. Omvendt når teknologierne er færdigudviklet, vil usikkerheden omkring teknologierne være mindre og forhandlingsmulighederne begrænset.

Slots- og Ejendomsstyrelsen<sup>54</sup> peger på, at det er en forudsætning, at systemerne bruger samme standarder, hvis teknologien skal have interesse. I forbindelse med tilbygninger er det af stor betydning at et indlejret system i den nye tilbygning kan kommunikere med det system, der er i den gamle bygning. Det er derfor nødvendigt med fælles protokoller, så systemerne kan tale sammen. Som offentlig bygherre kan man ikke bare vælge et produkt, for så favoriserer man et bestemt mærke. Derfor er der krav om udbud, hvor offentlige bygherrer kan stille funktionskrav.

Det vurderes, at det må være markedskræfterne, der styrer udviklingen, og producenterne opgave at synliggøre fordelene og økonomien ved implementering af teknologien for bygherrerne. CTS-anlæg er langt fremme i udvikling og implementering, mens sensorer og RFID er lidt længere væk. Der er stadig behov for mere afklaring af fordele og de økonomiske konsekvenser.

KAB har svært ved at se, hvordan de kan være med til at stimulere udviklingen, men det sker allerede nu, at de i situationer, hvor de er usikre på en konstruktion i forbindelse med en nybygning eller en renovering, beder om at få en sensor lagt ind.

Gennemgangen viser, at der er et dilemma omkring offentlige bygherrer i forhold til deres rolle som forandringsagent. Hvis de skal have rollen som forandringsagenter på nuværende tidspunkt, kræver det, at de accepterer usikkerheden omkring de teknologiske produkter, f.eks. i forhold til deres ønsker om funktionelle egenskaber, f.eks. i forhold til fremtidige standarder.

## Totaløkonomi?

Offentlige bygherrer oplever forskelle i deres muligheder for at tage udgangspunkt i totaløkonomiske betragtninger, når de står overfor investeringer. Forskellene har baggrund i:

- Forskelle i ansvarsområder, hvor den væsentligste forskel er, hvorvidt ansvaret for drift ligger hos dem eller hos lejerne.
- Forskelle i regulering af investeringer f.eks. i form af kvadratmeterpris.

Slots- og Ejendomsstyrelsen er både ejer og udlejer og står bl.a. for det udvendige vedligehold samt drift og vedligehold af basisinstallationer, herunder bygningernes tekniske installationer. Endvidere står styrelsen for drift og vedligehold af udendørs arealer. Lejerne betaler for denne service over markedslejen, der består af selve huslejen og et driftbidrag til fællesudgifter. I forbindelse med indførelse af nye teknologier er spørgsmålet, hvorledes disse skal finansieres, og om det kan betale sig for ejeren/udlejeren og for lejeren.

Hvis en ny teknologi medfører væsentlige investeringsudgifter, er det svært at implementere denne, med mindre der i den efterfølgende drift/vedligehold kan opnås besparelser. Med en totaløkonomisk tilgang kan man fra sag til sag vurdere investeringer i forhold til drifts- og vedligeholdsbesparelser og på den baggrund acceptere en initialfordyrelse mod senere besparelser. Der skal være reelle fordele på driftssiden, der opvejer merudgifterne i byggeomkostningerne.

Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger<sup>55</sup> lejer ud til universiteter m.fl. De har ansvaret for bygningerne som ejere, mens lejerne selv er ansvarlige for driften, med selvstændige driftsafdelinger, der varetager disse opgaver. I forbindelse med indlejret teknologi, der giver besparelser i drift, tilfalder besparelserne derfor lejerne og ikke bygherren. Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger vil, når lejerne stiller krav til driftsanlæg m.m., sørge for at opfylde lejernes krav, og lejerne vil komme til at betale merudgiften over huslejen. Det er derfor op til lejerne, at vurdere om driftsbesparelser ved hjælp af indlejret teknologi på sigt kan betale sig, og om de vil prioritere højere husleje på forventning om driftsbesparelser.

Besparelser fra indlejret teknologi, der understøtter produktivitetsudviklingen i byggeriet, vil typisk tilfalde de udførende entreprenører og rådgivere, m.fl., vurderer Statens Forsknings og Uddannelsesbygninger, og ikke føre til billigere priser for dem. Det har derfor ikke en umiddelbart indvirkning på deres ageren som offentlig byggeherre. Hvis Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger som bygherre skal gå ind og fremme en teknologiudvikling, skal det være, fordi bygningerne bliver billigere af det.

Statens Forsknings og Uddannelsesbygninger hører under Ministeriet for Videnskab og Teknologi og Udvikling. Ministeriet har allerede tidligere beskæftiget sig med Intelligens i bygninger. Hvis Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger skal beskæftige sig med området, vil der være behov for en politisk udmelding om, at de skal beskæftige sig med området og f.eks. tage det op i projekter. Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger vurderer, at med den organisering, der er i dag, hvor alle optimerer økonomisk i forhold til eget ansvarsområde, er der udpræget risiko for kassetænkning, hvor effekten ikke nødvendigvis er sammenfaldende med interesser for byggeriet som helhed. Det vurderes, at skal udviklingen stimuleres, er det vigtigt at en hel række af interessenter i byggeprocessen hver især kan se en fordel og opnå besparelser. Forsikringsselskaberne og bygherrer kunne have en fælles interesse i at fremme teknologi, der kan reducere risikofaktorer for bygninger. Det engelske forsikringsselskab Willis, som også operer i Danmark, er f.eks. begyndt at inddrage risikovurdering af bygninger i forhandlinger om forsikringspræmiernes størrelse.

En anden barriere, der kan hæmme offentlige bygherrer i at tage udgangspunkt i et totaløkonomisk perspektiv, fremkommer når der er fastlagte rammebeløb for investeringerne, der ikke afspejler mulige driftsbesparelser af en merinvestering, dvs. at rammebeløbet ikke er forhøjet i forhold til andre byggerier, hvor sådanne driftsbesparelser ikke er indbygget. Lejerbo bygger ca. 700 boliger om året til udlejning. Byggerierne opføres med en binding til byggesummen gennem et fastsat rammebeløb udmålt pr. m<sup>2</sup>. Mængden af IKT, der kan indlejres i byggeri opført indenfor rammebeløbene er dermed begrænset. Men det har alligevel vist sig muligt at investere i CTS-anlæg selv indenfor de gældende rammebeløb. Det er måske ikke den nyeste teknologi, der er investeret i, men gennem temaprojekter som miljørigtige boliger og byggerier med tilsvarende fokus, har man muligheder for at være med til at præge, udvikle og prøve anvendelsen af ny teknologi.

## Forskning

Forskningen indenfor indlejret teknologi er på højt internationalt niveau. Det gælder indenfor den basale forskning i forhold til den teknologiske side både i forhold til software og hardwaren. I de danske miljøer fokuseres ikke specielt på udvikling af kommunikationsteknologi, der udvikles andre steder. Også sammenbindingen mellem teknologierne, som det kommer til udtryk

<sup>55</sup> Telefoninterview med Peter Birk Hansen, Statens forsknings og Uddannelsesbygninger

pervasive technology, vurderes til at befinde sig på et højt internationalt niveau. Ikke mindst omkring Alexandra Instituttet er der bygget et miljø blandt flere forskningsinstitutioner op. Der er også dansk deltagelse i potentielt vigtige internationale forskningsfora igennem EU projekter og forskningsplatforme.

Der er gennem statslige midler sat initiativer i gang, der skal opbygge netværker mellem forskning og erhverv. De initiativer, der søger at øge innovationspotentialet i forhold til højteknologisk forskning, har haft en tendens til især at fokusere på andre områder end byggeri, f.eks. sundhed og medicin. Fokus har hidtil altså ikke ligget på byggeriet, der måske er blevet opfattet som lavteknologisk – og derfor uinteressant i en højteknologisk sammenhæng. Men meget tyder på, at der for indeværende er kommet mere fokus på byggesektoren, og flere af de igangsatte netværker søger at inddrage byggesektoren.

Der er imidlertid kun sporadisk forskning, der fokuserer på brugerperspektiverne i forhold til byggesektoren. Dette gælder både i forhold til brugerne af de færdige bygværker, hvad enten det er slutbrugerne – beboere eller erhverv - driftherrer eller bygherrer. Hvilke kvaliteter kan den nye teknologi tilbyde – både i forhold til komfort, i forhold til funktionaliteter i bolig eller på arbejdsplads, i forhold til oplevelser m.v.? Hvilken sikkerhed kan tilføres i forhold til konstruktion og nedslidning. Hvilke besparelser kan der opnås – og hvilken indflydelse har teknologien på værdien af det færdige byggeri – på kort sigt – og på lang sigt.

Det gælder i forhold til de udførende. Hvad er det for fordele, de kan have – i forhold til materialestyring på pladsen og i forhold til instruktioner?

Det gælder delvist i forhold til distributionsleddet, hvor der dog er indhentet mange erfaringer fra andre brancher, først og fremmest detailhandelen.

Endelig og afgørende gælder det i forhold til byggematerialeproducenterne. Både i forhold til de fordele de må kunne få i selve fremstillingsprocessen (ved mass customization) og de værdier de kan tilføre deres produkt i forhold til aftagerne – altså de ovennævnte brugere.

Der er også kun sporadisk forskning på det felt, der binder brugernes behov sammen med teknologien. Altså hvad betyder de behov brugerne har for teknologien – f.eks. i forhold til standardisering, i forhold til privathed, og i forhold til sammensmeltning mellem teknologier som 3D og RFID.

Alt i alt kan der konstateres en veludviklet grundforskning på området, mens der mangler forskning, der knytter byggeriets brugerbehov sammen med teknologien. Denne form for anvendt forskning har to sider – dels en der retter sig mod brugerne – og dels en der retter sig mod grundteknologien.

## Forskning, byggeri og udvikling

Indenfor byggeriet har der ikke været den store villighed til at anvende den nye teknologi eller til at deltage i udviklingsarbejdet. Mange er klar over at teknologien byder på muligheder, men få udtrykker ønsker om at deltage i formningen af udviklingen af disse muligheder. Paratheden til at indgå i et forpligtende udviklingsarbejde er ikke stor indenfor byggeriet. Dette gælder både byggematerialeproducenterne, der er usikre på hvor stor efterspørgslen vil blive, og usikre på de fordele, der evt. kan være ved at anvende f.eks. tags i selve fremstillingsprocessen. Det gælder distributions- og handelsled, der er afventende, selv om der i andre brancher meldes om reelle fordele. Det gælder blandt entreprenørerne, der gerne vil anvende teknologien, både i forbindelse med instruktion og i forbindelse med styring og logistik på plad-

sen, men som endnu kun sporadisk har set mulighederne ført ud i praksis. Og sidst men ikke mindst gælder det bygherrer og driftherrer, der allerede anvender teknologien i forbindelse med CTS anlæg, og som gerne ser en øget anvendelse, men som mangler dokumentation og viden om reelle besparelser. Hertil kommer usikkerhed med hensyn til om den ene generation af indlejret teknologi kan kommunikere med den næste. Der er en modsætning mellem bygnings og bygningsanlægs lange levetid, og den hastige udvikling af teknologien.

Bygherre kan have en nøglefunktion i forhold til indførelse af indlejret teknologi i det færdige byggeri. Stilles der krav herom, f.eks. fra offentlige bygherres side, vil det have en massiv indflydelse på udviklingen af anvendelsesorienterede teknologiske løsninger. Men på nuværende tidspunkt er det næppe realistisk at stille sådanne krav ud over på ganske specifikke områder, som det allerede finder sted i forbindelse med f.eks. CTS anlæg. Også krav om indbygget teknologi i forbindelse med holdbarhed og nedslidning er realistisk i specifikke bygværker, som det allerede er set i broanlæg, hvor der er kendte problemer, som man ønsker at følge.

Selv om byggeriet er kendt for en vis tilbageholdenhed i forhold til selv at investere i strategiske innovative aktiviteter, kan det alligevel konstateres, at der er en vis parathed til at anvende den nye teknologi – men der mangler viden, dokumentation og konkrete teknologiske løsninger, der kan give den fornødne sikkerhed for øgede investeringer. Man skal derfor ikke herudover forvente øgede krav fra bygherrenes side.

Set i forhold til den teknologiske sektor, dvs. forskere, udviklere og producenter af den nye teknologi, kan byggeriet være en væsentlig udviklingspartner. I en international sammenhæng kan brugerne af dansk byggeri siges at udgøre avancerede brugere. Boligen og hjemmeliv vurderes højt i den danske kultur og der sættes høje krav til boligens funktionalitet, oplevelsespotentiale mv. Det samme kan siges at gælde for erhvervsbyggeri, hvor danske virksomheder ikke er tilbageholdende med at investere i byggeri. Generelt kan man sige, at der stilles høje krav til byggeri – både med hensyn til udførelse, funktionalitet og arkitektur. Samtidig er byggebranchens udførende under stadig pres for at forbedre effektivitet og kvalitet i de færdige løsninger.

Hertil kommer, at byggeriet er en sektor, der repræsenterer en potentiel betydelig efterspørgsel. Omsætningen på bygningsområdet er stor og en merudgift til mindre teknologiske investeringer, kan virke beskeden i den samlede byggesag.

Kan den nye teknologi øge boligernes funktionalitet og samtidig bidrage til en bedre effektivitet i byggeproces og kvalitet i det færdige byggeri, er der gode muligheder for, at der kan udvikles løsninger, der har et stort potentiale for afsætning på et internationalt marked.

Men det kan konstateres at der er et gab mellem den hidtidige forskning i indlejret teknologi og byggeriet. Byggesektorens traditionelle træghed til at investere i udviklingsarbejde, koblet med en forskning, der ikke prioriterer udviklingsarbejde i relation til en branche, der opfattes som ikke højteknologisk, kan være væsentlige barrierer. Der mangler forsknings- og udviklingsarbejde, der knytter byggeriets behov tættere sammen med teknologien. En dobbeltsidet forskning, der dels retter sig mod brugerne – og dels mod udvikling af tekniske konkrete løsninger hos den indlejlrede teknologiske producenter.

Det er imidlertid ikke en udvikling, der sker af sig selv. Men det er en udvikling, der kan fremmes ved en fortsat bestræbelse på at skabe et samarbejde mellem den teknologiske basale forskning, teknologiproducenterne og den anvendelsesorienterede forskning, herunder byggesektorens forskningsaktører, og dels ved at inddrage byggeriets erhverv, både indenfor byggemate-

rialeindustri, distributører, entreprenører og rådgivere/arkitekter, bygherrer og driftherrer.

Et sådant samarbejde kan finde sted på flere måder.

Der forventes muligheder for at igangsætte EU støttede projekter indenfor indlejret teknologi og byggeri i det kommende 7. rammeprogram for forskning. Gennem det forberedende arbejde, der er sket indenfor ECTP, er der tegn på, at der er opbygget en parathed hos nogle af nøgleaktørerne indenfor byggeriet. Det er en opgave at styrke disse til at deltage i det kommende ansøgningsarbejde.

Der kan etableres netværker, der inddrager disse aktører, mhp. at styrke en vidensdeling på tværs af brugere, producenter og forskere. Denne proces er så småt ved at komme i gang – dels som følge af ECTP arbejdet i forbindelse med 7. rammeprogram for forskning, dels i forlængelse af netværksarbejde, bl.a. med udspring omkring Alexandrainstituttet.

Konferencer, seminarer og workshops kan være vigtige aktiviteter, både i forhold til oplysningsvirksomhed og vidensdeling – og i forhold til at etablere konkrete samarbejder mellem nøgleaktører.

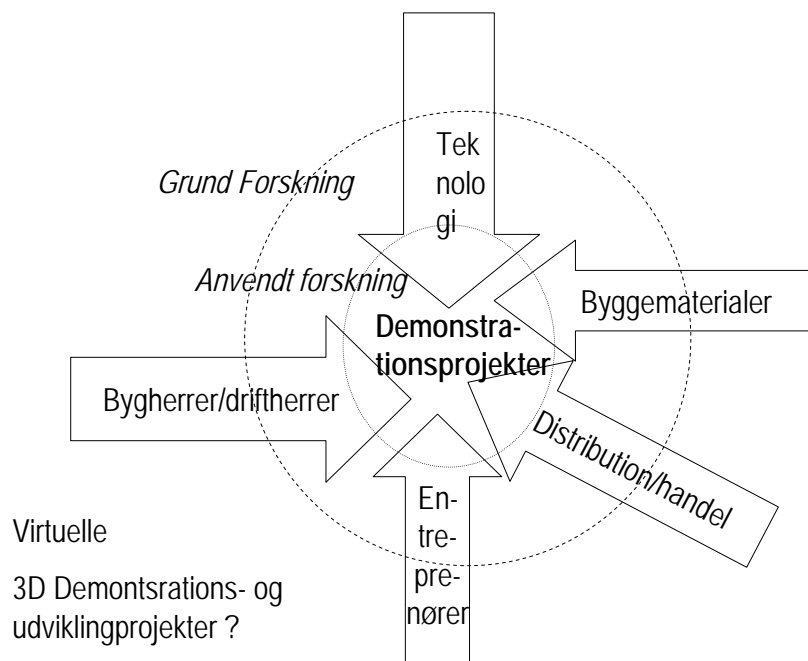
Der er imidlertid i høj grad brug for en konkretisering af muligheder, dvs. behov for konkrete erfaringer og demonstrationer. Dette kan ske omkring demonstrations- og udviklingsprojekter i byggeriet, der sammenholder alle aktører i et konkret udviklingsarbejde.

Dannelse af byggeteknologiske netværker omkring sådanne konkrete udviklings og demonstrationsprojekter kan være et vigtigt element.

De forskellige aktører kunne igennem dette arbejde indgå i en proces, hvor præcision af egne konkrete ønsker/krav til teknologien og konkrete teknologiske løsninger kunne udvikles kontinuerligt og iterativt.

Et led kunne også være muligheden for at gennemføre virtuelle demonstrations og udviklingsprojekter. Dette kan ske gennem opførelse af 3D modeller, hvor den indlejrede teknologi blev indbygget – og hvor funktionalitet blev demonstreret for aktørerne.

I nedenstående figur er væsentlige aktører i et sådant byggeteknologisk kompleks angivet. Til de forskellige aktører knytter der sig specifikke behov og fordele, der udmynter sig i krav til de teknologiske løsninger, ligesom der vil være forskellige forskningsopgaver i relation hertil.



Figur 2. Demonstrations- og udviklingsbyggeri og involverede aktører i det byggeteknologiske kompleks. Kan evt. gennemføres som et virtuelt projekt, f.eks. gennem anvendelse af 3D modellering.



## Bilag

# Bilag 1. Litteratur

Bassi, R., & Parand, F. (2002). *Electronic tagging and wireless technologies: Application in the construction industry* (Information Paper IP 16/02, Part 1). Garston: BRE, & Department of Trade and Industry.

Bassi R., & Parand, F. (2002). *Electronic tagging and wireless technologies: An overview* (Information Paper IP 16/02, Part 1). Garston: BRE, & Department of Trade and Industry.

Dansk EI-Forbund. (2005). *Bygningsautomations guide*. Frederiksberg.

Erhvervs- og Byggestyrelsen, Byggeriet i videnssamfundet, 2002. Lokaliseret 2006.03.28 på: <http://www.alsted-info.dk/webcontent/pdf/byggeriet.pdf>

Erhvervs- og Byggestyrelsen, Vision 2020: Byggeri med mening, 2006. Lokaliseret 2006.03.28 på: <http://www.ebst.dk/file/3878/vision2020.pdf>

Esbjerg Kommune. (2005). *Byggetekniske standarder for nybyggeri og om- og tilbygning* (5. udg.). Esbjerg: Esbjerg Kommune, Byggeteknik & Miljø.

Gordijn, J., Akkermans, J. M., & van Vliet, J. C. (2000). Value based requirements creation for electronic commerce applications. In R. H. Sprague (Ed.), *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference On System Sciences* (HICSS-33). Los Alamitos, CA: IEEE CS Press.

Gottlieb, S. C. (In press). *Nye politikinstrumenter til fremme af længerevarende samarbejder i byggeriet – Forskningens status nationalt og internationalt*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Højteknologifonden, Om 'Informations- og Kommunikationsteknologi – resultat af faglig dialog, Ministeriet for Videnskab, Teknologi og udvikling, 2004'. Lokaliseret 2006.03.28 på: <http://www.hoejteknologifonden.dk/index.php?id=24>

Larsen, H., & Petersen, L. S. (2005). *The future energy system-distributed production and use* (Risø Energy Report 4). Roskilde: Risø National Laboratory. Lokaliseret 2006.03.28 på: <http://www.risoe.dk/rispubl/energy-report4/ris-r-1534.pdf>

Mikkelsen, H., Beim, A., Hvam, L., & Tølle, M. (2005). *Systemleverancer i byggeriet – en udredning til arbejdsbrug* (IPL-088-05). Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Produktion og Ledelse.

Normann, R., & Ramirez, R. (1993). Designing interactive strategy: From value chain to value constellation. *Harvard Business Review*, 1993, (July-August): 65–77.

Olander, H. (1999). *Energi 21: Energipolitik i kommunale bygninger. Esbjerg er en grøn by. Vi sparer på energien og skåner miljøet*. Esbjerg.

Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage - creating and sustaining superior performance*. New York: Free Press.

Rasmussen, B., & Skjærning, A. (2005). *Musicon Valley vækstmiljø: Pilotstudie af forudsætningerne for udvikling af en kompetenceklynge blandt danske aktører relateret til live-event teknologi med særligt fokus på lys og lyd* (Risø-R-1489(DA)). Roskilde: Forskningscenter Risø. Lokaliseret 2006.03.28 på: <http://www.risoe.dk/rispubl/sys/syspdf/ris-r-1489.pdf>

RisøNyt No2. "Danmark skal leve af innovation". December 2005. Lokaliseret 2006.03.28 på:

[http://www.risoe.dk/rispubl/risnyt/risnytpdf/ris0205/risnyt2\\_2005.pdf](http://www.risoe.dk/rispubl/risnyt/risnytpdf/ris0205/risnyt2_2005.pdf)

Vogelius, P. (2005). *Nye informations- og kommunikationssystemer på byggepladsen – Rapport I: Evaluering af et pilotprojekt med internetopkoblede, håndholdte terminaler på byggepladsen* (Rapport BYG-DTU R-116). Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet, BYG-DTU. Lokaliseret 2006.03.28 på:

<http://www4.byg.dtu.dk/publications/rapporter/byg-r116.pdf>

Zarli, Alain (2003). *Strategic Roadmap towards Knowledge-driven "sustainable" Construction*. ROADCON Final Report. Paris.

## Hjemmesider og web-baseret information

Alle link er lokaliseret 2006.03.28

Aalborg Universitet: <http://ekstern.aau.dk/>

Boligfonden Kuben - byggeriets udviklingsfond. <http://www.boligfonden.dk>

Center for Pervasive Computing, 'Pervasive computing':

<http://www.pervasive.dk>

CISS, Center for Intelligent Software Systems, Om 'Sensornetværk':

[http://www.ciss.dk/dk/forskningsomraader/intelligente\\_sensornetvaerk/intelligente\\_sensornetvaerk.htm](http://www.ciss.dk/dk/forskningsomraader/intelligente_sensornetvaerk/intelligente_sensornetvaerk.htm)

Danmarks Radio, Om 'Center for informationsteknologi i Darmstadt':

<http://www.dr.dk/tv/tv-fakta/videnom/02leglae/dynawall.htm>

Dalton Betonelementer A/S: <http://www.dalton.dk/>

Danmarks Tekniske Universitet: <http://www.dtu.dk/>

Dansk Teknologiplatform for Byggeriet (ECTP Denmark), <http://www.ectp-denmark.dk/14892,5>

Darwin, 'Ord-leksika til IKT begreber':

<http://guide.darwinmag.com/technology/>

Eu-Domain, 'Eu-program om IKT': [www.eu-domain.eu.com](http://www.eu-domain.eu.com)

Grundfos: <http://www.grundfos.dk/>

[Grundfos Direct Sensorer](#)

[Energimærkning - Cirkulations- pumper](#)

[Dræn- og spildevands- pumper i støbejern. 0,6 - 2,6 kW.](#)

[Grundfos MGE-motorer](#)

[Grundfos Sanitære pumper](#)

[Grundfos Sololift+](#)

[Grundfos spildevandspumper i støbejern 1,1 - 11 kW](#)

[Grundfos Magna](#)

ICOPAL: <http://www.icopal.dk/>

Indlejret system med en CPU: <http://ia.gordon.army.mil/iaso/lesson01.htm>

LOGISYS: <http://www.logisys.dk/>

ManuBuild – Open Building Manufacturing: <http://www.manubuild.org>

Micro Electro-Mechanical Systems (MEMS):

<http://www.en.wikipedia.org/wiki/MEMS>

MT-Højgaard: <http://www.mthojgaard.dk/>

MT Højgaard, Om 'Topnordic':

[http://www.topnordic.dk/download/Cases/MTh%C3%B8jgaard\(3\).pdf](http://www.topnordic.dk/download/Cases/MTh%C3%B8jgaard(3).pdf)

MTV som interaktiv proces - et metodeudviklingsprojekt inden for klinisk anvendelse af informationsteknologi (MUP-IT):

[http://vbn.aau.dk/research/mtv\\_som\\_interaktiv\\_proces\\_et\\_metodeudviklingsprojekt\\_inden\\_for\\_klinisk\\_anvendelse\\_af\\_informationsteknologi\\_mup\\_it\\_\(20785\)/](http://vbn.aau.dk/research/mtv_som_interaktiv_proces_et_metodeudviklingsprojekt_inden_for_klinisk_anvendelse_af_informationsteknologi_mup_it_(20785)/)

Neoplastic A/S, Om 'Århus Innovations Lab': [WWW.caddesign.dk](http://WWW.caddesign.dk)

Rambøll, Om 'Web-baserede monitoringsystem': [www.ramboll.dk](http://www.ramboll.dk)

Revolutionær demokrat, Om begrebsforklaring: <http://sh.newsun.dk>

RFIDsec: <http://www.rfidsec.com/>

Risø, forskning: <http://www.risoe.dk/risoedk/risforsk.htm>

Risø, research: <http://www.risoe.dk/afm/research/research.htm>

Risø, strategi:

[http://www.risoe.dk/risoedk/ny\\_strategi/konferencer/energi.htm](http://www.risoe.dk/risoedk/ny_strategi/konferencer/energi.htm)

Roadcon, Strategic Roadmap towards knowledge – Driven Sustainable Constructions: <http://www.roadcon.org>

S-Card: <http://www.s-card.dk/>

Sensor Technology Center, Om 'Sensorer/MEMS': <http://www.sensortec.dk/>

Sensor Technology Center, STC Lys og Lyd: [www.stc.dk](http://www.stc.dk)

Statens Byggeforskningsinstitut: <http://www.sbi.dk/>

TDC Mobil, 'Ordforklaring til tele begreber':

[http://www.tdcmobil.dk/portal/privat/brug\\_mobil/teknologiordbog/](http://www.tdcmobil.dk/portal/privat/brug_mobil/teknologiordbog/)

Tekniq: <http://www.tekniq.dk/sw349.asp>

Teknologi-Rådet: <http://www.tekno.dk/subpage.php3?page=forside.php3>

Teknologi-Rådet, Om RFID-teknologien: [www.tekno.dk](http://www.tekno.dk)

Teknologisk Institut, byggeri: <http://www.teknologisk.dk/byggeri/11540>

Teknologisk Institut, RFID-test og videntcenter/Transport:

<http://www.teknologisk.dk/transport/16429>

The European Construction Research Network (E-CORE), "E-CORE Strategy for Construction RTD" Final Version, 2005:

<http://www.eccredi.org/pages/StrategyReport.pdf>

The European Construction Technology Platform (ECTP):

<http://www.ectp.org>

The European Construction Technology Platform, "Vision 2030". Working paper, 2004: [http://icadc.cordis.lu/fep-cgi/srchidadb?CALLER=EN\\_NEWS&ACTION=D&SESSION=&RCN=22792](http://icadc.cordis.lu/fep-cgi/srchidadb?CALLER=EN_NEWS&ACTION=D&SESSION=&RCN=22792)

[http://icadc.cordis.lu/fep-cgi/srchidadb?CALLER=EN\\_NEWS&ACTION=D&SESSION=&RCN=22792](http://icadc.cordis.lu/fep-cgi/srchidadb?CALLER=EN_NEWS&ACTION=D&SESSION=&RCN=22792)

Vejdirektoratet:

<http://www.vejdirektoratet.dk/vejdirektoratet.asp?page=company&objno=11>

Webopedia, The Online Encyclopedia dedicated to Computer Technology, Om 'Pervasive Computing':

[http://www.webopedia.com/TERM/P/pervasive\\_computing.html](http://www.webopedia.com/TERM/P/pervasive_computing.html)

Neoplastic A/S, Om Århus Universitet, Datalogisk Institut, Om 'Context Awareness': <http://www.daimi.au.dk/~ups/PvC/final-projects/08/Report/master.pdf>

## Bilag2. Interviewpersoner

- Søren Rise, Tekniq (pers. interview) (drift)
- Gert Vestergaard og Per Rasmussen, NIRAS (pers. interview) (drift)
- Svend Röttig og Henrik Erndahl Sørensen, Teknologisk Institut (pers. interview) (drift, vedligehold)
- Erling Holm, Dalton Betonelementer (produktion, logistik)
- Peter Skovborg, Teknologisk Institut (produktion, logistik)
- Erik Stoltzen, Vejdirektoratet (pers. interview) (drift og vedligehold)
- Frederik Nelsson, Teknologi Rådet (andre brancher, logistik, standardisering)
- Søren Jensen, Ministeriet for Videnskab og Teknologisk Udvikling (andre brancher, forskning)
- Martin Møller, Alexandra Instituttet (forskning og netværk)
- Jan Bisbjerg, Alexandra Instituttet (forskning og netværk)
- Lars Lading, Sensor Technology Center A/S
- Stephan Engberg, RFIDsec, PRIway
- Mikkel Winther, RFIDsec
- Thorkild Kvisgaard, Grundfos
- Anders Rask, LOGISYS
- Steen Rasmussen, S-Card
- Janus Pagh ICOPAL
- Jesper Thestrup, IN-Jet.
- Jan Q Rasmussen, Slots- og Ejendomsstyrelsen
- Peter Birk Hansen, Statens Forsknings- og Uddannelsesbygninger
- Poul Larsen, Esbjerg Kommune
- Torben Trampe, KAB
- Klaus Andersen. Lejerbo

## Bilag3. Forskningsmiljøer

**Alexandra Institut A/S** er et forskningsaktieselskab, der i løbet af de sidste 6 år har opnået stor erfaring og succes med at etablere projektsamarbejde og matchmaking mellem forskningsinstitutioner og virksomheder. Alexandra Institut har gennem flere år benyttet den projektmodel, der ligger som grund for netværkets organisering af aktiviteter. Alexandra Institut samarbejder i dag med over 40 virksomheder i samarbejdsprojekter baseret på brugerdreven innovation. Under Alexandra Instituttet er udsprunget en lang række projekter indenfor området pervasive og embedded teknologi, der inddrager forskningsinstitutioner og forskere på Århus Universitet og Arkitektskolen i Århus, men også på Ålborg Universitet, Syddansk Universitet, m.v.

**CfPC** (Center for Pervasive Computing) blev etableret i 2000 af CIT (Center for IT forskning) Århus Universitet og Alexandrainstitut – og viderefører nogle af de funktioner som det samtidigt nedlagte CIT havde haft. Fokus er på Pervasive Computing og indlejret teknologi på en lang række områder, herunder i forbindelse med arbejde og rum, 3D og planlægning, men også i forbindelse med sundhed, medier og lyd m.v.

**ISIS**, Katrinebjerg er et af forskningsinitiativerne i Alexandrainstitut. Det er et kompetencecenter for Interaktive rum, Sundheds-it og Software, der har fokus på pervasive computing. Særlig opmærksomhed er rettet mod indlejret teknologi i rum ( se Center for Interactive Spaces) og i sundhedssektoren.

**Datalogisk Institut**, Århus Universitet. indgår ligeledes i samarbejdet omkring Alexandrainstitut. Aarhus Universitet har siden midten af 1970'erne gennemført en lang række projekter, der har udviklet metoder og teknikker for forskningsbaseret, brugerdreven innovation og afprøvet disse i praksis. Flere af projekterne har ledt til firmadannelser. I de seneste år har universitetet være en central aktør i den fysiske udvikling af IT-byen Katrinebjerg, hvor der er ved at blive skabt en helt ny form for 'innovationscampus', der blander universitetsaktiviteter med erhvervssamarbejde, incubatorvirksomhed og formidling. Aktiviteterne trækker i dag på kompetencer spændende fra naturvidenskab over sundhedsvidenskab til samfundsvidenskab, humaniora og psykologi. I dette arbejde har universitetet opbygget et omfattende netværk til firmaer og forsknings- og uddannelsesinstitutioner. Som eksempel kan nævnes at universitetet sammen med Arkitektskolen Aarhus netop har vundet ID-prisen for bedste innovative arkitektur.

**Center for Interactive Spaces**, Arkitektskolen i Århus, i samarbejde med Alexandra Institut. I Center for Interaktive Rum arbejder man med forskellige aspekter af augmented reality, dvs. det der sker, når vore kroppe, værktøjer og omgivelser forlænges og suppleres af informationsteknologi. Centeret har defineret seks forskningstemaer, der appliceres på tre hovedprojekter på områderne skole, bibliotek og privat hjem.

**Center for indlejrede Software systemer, CISS, AUC.** Har 6 forskningsområder. Ét af disse handler om intelligente sensornetværker. ([www.ciss.dk](http://www.ciss.dk)) Moderne SRO (Styring, regulering, overvågning)systemer indeholder en mangfoldighed af sensorer, der hver især bidrager til information om et givet systems tilstand. I f.eks. kontrolsystemer er tilstandsmålinger uundværlige i etablering af feedback, der kan gøre systemet robust for f.eks. forstyrrelser.

**CSI: Center for Software Innovation**, Sønderborg. CSI er en del af den jysk-fynske IT-satsning. Centeret er understøttet af Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling, Sønderjyllands Amt og Sønderborg Kommune. Centeret har søstercentre CISS ved Aalborg Universitet, ISIS ved Aarhus Universitet og endelig Knowledge Lab ved Syddansk Universitet.

**Vitus Bering**, Horsens, er et Center for Videregående Uddannelse, der har forsknings- og innovationsrelaterede aktiviteter bl.a. i forhold til mobil teknologi på byggepladsen.

**Innovation Lab**, København, har gennem de sidste 2 år markeret sig som en markant spiller i dansk erhvervsliv mht. teknologiske trends og muligheder med ny og kommende teknologi. Gennem et internationalt netværk har Innovation Lab overblik over fremtidens teknologi og dens anvendelser. Hos Innovation Lab får man indsigt i de muligheder, ny teknologi bringer med sig, og ideer til selv at udnytte potentialerne. Innovation Labs kompetencer gør, at man i dag bistår meget forskelligartede virksomheder med strategiuudvikling omkring innovation samt selve idé-initiering og projektetablering.

**IT-Universitetet**, København, har som vision at være innovativt. Dette gælder både i forhold til dets egen organisation og i forhold til de studerende. Universitetet blev i 2003 kåret som årets iværksætteruniversitet baseret på en rundspørge blandt alle danske universitetsstuderende. Universitetet har siden starten haft innovation og iværksætteri på skemaet. Universitetet deltagende aktivt i Iværksætterakademiet, hvor det er ansvarlig for aktiviteterne i region København.

**Knowledge Lab** Syddansk Universitet i Odense. Har formelt status som et selvstændigt center direkte under rektoratet. Knowledge Lab omfatter som netværksorganisation en lang række projekter inden for områderne videnledelse, videndeling, digital kompetenceudvikling og e-læring. Kerneområderne i Knowledge Labs aktiviteter er knowledge management (videnledelse) og digital kompetenceudvikling (e-læring), eller med andre ord sammenhængen mellem organisatoriske og individuelle læreprocesser.

**Sensor Technology Center A/S**, Tåstrup (TI). STC er en netværksorganisation der tilbyder viden og kompetencer til at udvikle, producere og markedsføre sensorer. Dette inkluderer forskning indenfor markedsføring, teknologi og styring af interlektueller rettigheder. STC er en uafhængig privat aktieselskab, der operer på kommercielle vilkår. STC er ejet af fem teknologiske serviceinstitutter (GTS'er) i Danmark: Bioneer A/S, Teknologisk Institut, DELTA, DHI water & Environment, og FORCE Technology.

**Emballage og Transport**, Teknologisk Institut, Tåstrup, har etableret et RFID-testcenter, hvor teknologien kan testes. Centeret arbejder tæt sammen med andre internationale testcentre, bl.a. ved Michigan State University. Arbejdet har især fokuseret på logistik, især i handelsleddet, men vil i fremtiden også fokusere på byggesektorens muligheder for at anvende teknologien.

**DTU** forsker i et bredt spektrum af emner inden for IKT. På **IMM** (Informatik og Matematisk Modellering) arbejdes med datalogi og anvendt matematik. På andre institutter udforskes og udvikles nye metoder til fremstilling af mikrochips, optiske kommunikationsfibre, nanofotonik, digital og analog elektronik, i radarsystemer, antenner mv. Der arbejdes også med områder som kommunikationsnetværk, mobiltelefoner, databaser og informationssystemer, neurale netværk, multimedier mv. På byggesiden arbejdes med Byg-

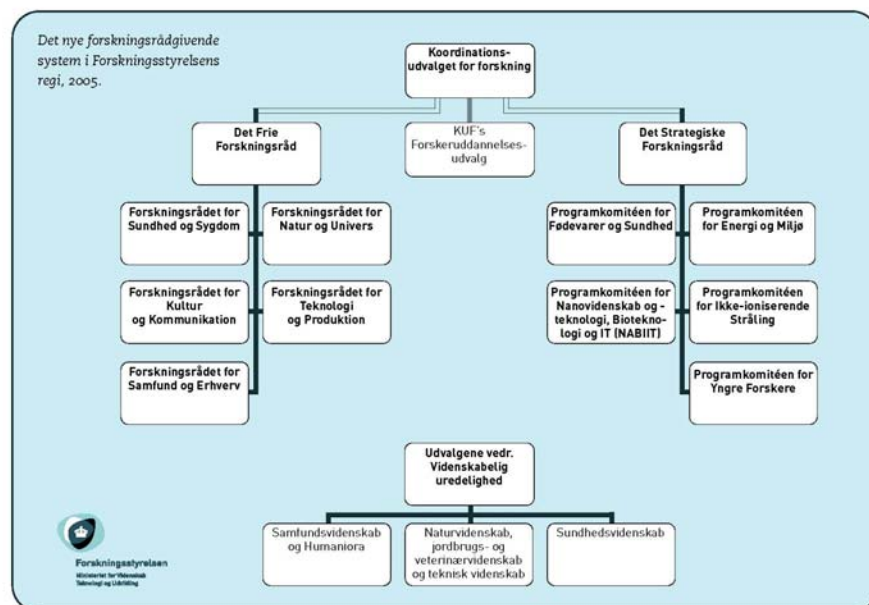
gematerialer og Innovation, Facilities Management, ICT på byggepladsen, partnering og strategiske partnerskaber.

**SBi** forsker i et bredt spektrum af emner inden for IKT. SBi arbejder med 3D modellering i byggeriet, både som beregningsredskab og visualiseringsredskab, med 3D som led i kollaborativ planlægning, mobil billedkommunikation, dataopsamling via automatisk sensormålinger. SBi har arbejdet med brugeranalyser i forhold til beboernes brug og udbytte af IKT i boligen fx forsynet med IHC-installation. SBi evaluerer ligeledes mulighederne for anvendelse af IKT i boliger for handicappede, samt indgår i udviklingsprojekter om PDA'er på byggepladsen.

**Risø.** Forskningen orienterer sig mod teknologisk fremsyn og strategiprocesser indenfor nye energiteknologier. Projekter der orienterer sig mod nordisk fremsyn for brint og brændselsceller har været med til at synliggøre nordiske forsknings- og innovationskompetencer og giver bud på nordiske erhvervsmuligheder i en fremtidig brintøkonomi. Nordisk Energiforskning, som er et fælles nordisk samarbejde, der har til formål at bidrage til en effektiv og miljøvenlig energiproduktion, -distribution og anvendelse, har sin danske repræsentation på RISØ. RISØ arbejder endvidere med styring af el på nettet, der i høj grad er baseret på IKT, PDAs', bærbare GPS modtagere og mobiltelefoner. Nanoteknologi og byggeri er også på forskningsprogrammet.



## Bilag4. Det statslige bevillingssystem



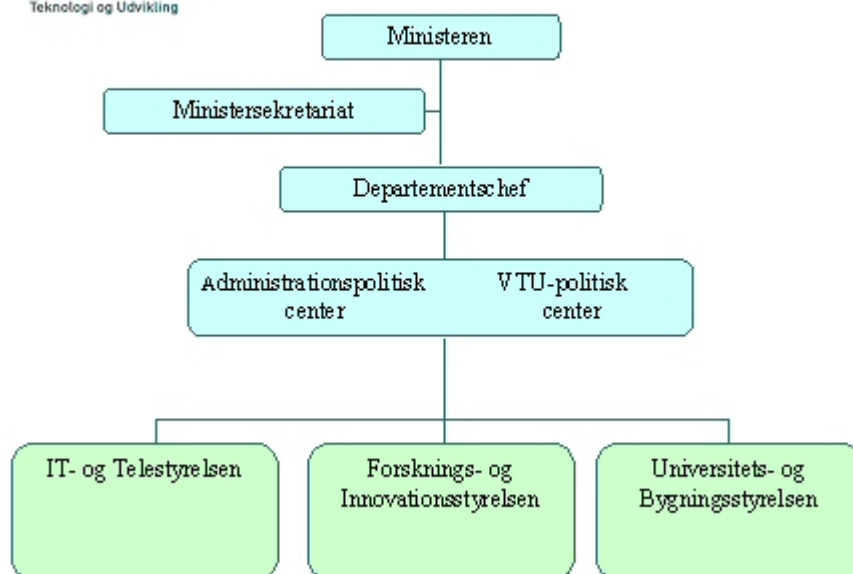
Det statslige forskningsrådgivnings- og bevillingssystem, 2005

## Ny organisation i Videnskabsministeriet



Ministeriet for Videnskab  
Teknologi og Udvikling

### ORGANISATION



Det statslige bevillingssystem fra 1.maj 2006